

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR



Grado en Ingeniería Informática

TRABAJO FIN DE GRADO

Contribución al Museo Interactivo EPS: Válvulas de Vacío

Alex René Cañar Gutiérrez

Tutor: Guillermo González de Rivera Peces

Julio 2017

Contribución al Museo Interactivo EPS: Válvulas de Vacío

AUTOR: Alex René Cañar Gutiérrez
TUTOR: Guillermo González de Rivera Peces

Hardware & Control Technology Laboratory
Dpto. Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Julio de 2017

Resumen

Las aplicaciones remotas han cambiado la forma de vida de las personas y la manera de hacer las cosas de las personas, por lo que su impacto en la sociedad ha sido, está siendo y será enorme.

Este trabajo de fin de grado abarca la tecnología de las aplicaciones remotas, gracias a las cuales hoy en día se pueden hacer muchas gestiones o procesos de forma sencilla y rápida, en casi cualquier parte del mundo y a través de múltiples dispositivos ya sean móviles o no.

Estas aplicaciones han producido un gran impacto en la sociedad, y sobre todo en la industria donde este tipo de tecnología ha posibilitado un mayor desarrollo, lo que supone un incremento tanto en la producción, como en la efectividad.

El objetivo de este trabajo de fin de grado es la creación de una plataforma remota, que contiene los sistemas de comunicación que permiten controlar los distintos dispositivos conectados a ella, haciendo posible una fácil expansión tanto en número de dispositivos conectados como en la complejidad de los mismos.

Concretamente, se ha empleado la plataforma Raspberry Pi 2, en la que se ha desarrollado un servidor web que realiza las funciones de interconectar las peticiones del usuario con las correspondientes acciones a realizar en el circuito.

Por otra parte, se ha diseñado un interfaz web que permite gestionar las peticiones del usuario de forma sencilla, sin la necesidad de que el usuario tenga unos conocimientos técnicos. También, se posibilita una mejora fácil, así como una sencilla escalabilidad o expansión sin que esto suponga un gran cambio en el proyecto.

Finalmente, se han realizado las pruebas de validación que permiten comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación.

Palabras clave

Válvula de vacío, Raspberry Pi, Servidor Web, Control remoto.

Abstract

Remote applications have changed people's way of life and people's way of doing things, therefore their impact in people's society have been, is being and will be huge.

This bachelor thesis covers the technology of remote applications, thanks to them, nowadays people can make a lot of managements or process in an easy way, faster and almost everywhere through lots of mobile or not mobile devices.

This applications have produced an enormous impact in human society, and especially in industry, where this kind of technology have let a bigger development, which means a production increment and an effectiveness increment.

The target of this bachelor thesis is the creation of a remote application, which contains the communication systems that let control the devices connected to it, making easier a possible expansion in the number of connected devices and in the complexity of them.

Specifically, Raspberry Pi 2 platform have been used. On it, a web server have been developed that makes the functions of interconnecting user requests with the corresponding actions that need to be done on the circuit.

On the other hand, a web interface have been designed. This interface let manage user requests in an easy way, without the necessity of user technic knowledge. In addition, an easy improvement must be available, and also an easy expansion. Both of them, with out the necessity of big changes on the project.

Finally, validation test have been done in order to validate the right performance of the remote application.

Keywords

Vacuum valve, Raspberry Pi, Web Server, Remote control.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a todas las personas que me han apoyado durante toda esta carrera, ya que sin ellos esto no habría sido posible. También, quería agradecer enormemente a los profesores que he tenido durante estos años y que tanto me han enseñado, ya que sin sus conocimientos este trabajo no hubiera sido posible.

En segundo lugar, me gustaría agradecer todo el apoyo aportado por mi tutor, Guillermo, ya que confió en mí, aunque no tuviera los conocimientos deseados, y porque sin su ayuda esto no habría sido posible.

Por último, quería agradecer el apoyo de toda mi familia y mis amigos, los cuales siempre han estado apoyándome para que saliera adelante.

INDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	15
1.1	Motivación.....	15
1.2	Objetivos.....	15
1.3	Organización de la memoria.....	16
2	Estado del arte	17
2.1	Tecnologías de control remoto	17
2.1.1	Bluetooth	17
2.1.2	Red de área local inalámbrica.....	17
2.1.3	Infrarrojos	18
2.2	Ejemplo de tecnologías de control remoto	18
2.2.1	Museos interactivos	18
2.2.2	La domótica	19
3	Diseño.....	21
3.1	Introducción.....	21
3.2	Hardware	21
3.2.1	Raspberry Pi 2 Model B	21
3.2.2	Válvulas de vacío.....	22
3.2.2.1	Características	22
3.2.2.2	Tipología	23
3.2.2.3	Válvula 12AU7.....	24
3.2.2.4	Válvula ECC82.....	25
3.3	Software.....	25
3.3.1	Modelo Cliente - Servidor	26
3.3.2	Raspbian	26
3.3.3	Servidor Web Apache.....	27
3.3.4	HTML.....	27
3.3.5	PHP.....	28
3.3.6	PYTHON	28
3.3.1	PostgreSQL.....	29
3.4	Comunicación con dispositivos externos	29
3.4.1	Comunicación mediante GPIO	29
3.4.2	Comunicación mediante PWM.....	30
4	Desarrollo	31
4.1	Circuito amplificador.....	31
4.1.1	Hardware	31
4.1.2	Software.....	32
4.1.3	potenciometro.py	32
4.2	Circuito seleccionador de formas de onda.....	33
4.2.1	Hardware	33
4.2.2	Software.....	34
4.2.3	multiplexor.py.....	34
4.2.4	cuadrada.py.....	35
5	Integración, pruebas y resultados	37
5.1	Pruebas unitarias.....	37
5.1.1	Circuito amplificador.....	37
5.1.2	Control del potenciómetro digital.....	38
5.1.3	Circuito seleccionador de formas de onda.....	39

5.1.1 Interfaz web	41
5.2 Pruebas de integración y Resultados	41
5.2.1 Interfaz web y seleccionador de formas de onda.....	41
5.2.2 Interfaz web y potenciómetro digital	42
6 Conclusiones y trabajo futuro.....	45
6.1 Conclusiones.....	45
6.2 Trabajo futuro	45
Referencias	47
Glosario	49
Anexos.....	51
A Manual de instalación	51
B Manual del programador	53
C Diseño web	55
D Montaje de experimentos.....	59

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1: ACTIVIDAD INTERACTIVA.....	19
FIGURA 3-1: RASPBERRY PI 2 MODEL B	21
FIGURA 3-2: EJEMPLO DE DIODO	23
FIGURA 3-3: EJEMPLO DE TRIODO.....	24
FIGURA 3-4: EJEMPLO DE TETRODO.....	24
FIGURA 3-5: EJEMPLO DE PENTODO.....	24
FIGURA 3-6: ESQUEMA DE LA VÁLVULA 12AU7	25
FIGURA 3-7: ESQUEMA DE LA VÁLVULA ECC82	25
FIGURA 3-8: MODELO CLIENTE - SERVIDOR.....	26
FIGURA 4-1: CIRCUITO AMPLIFICADOR DE AUDIO	31
FIGURA 4-2: ESQUEMA DE CONTROL DE UN POTENCIÓMETRO	32
FIGURA 4-3: PINES RASPBERRY PI 2 MODEL B CON NUMERACIÓN BCM.....	33
FIGURA 4-4: CIRCUITO SELECCIONADOR DE FORMA DE ONDA	34
FIGURA 5-1: AMPLIFICADOR DE AUDIO CON POTENCIÓMETRO EN VALOR ALTO	37
FIGURA 5-2: AMPLIFICADOR DE AUDIO CON POTENCIÓMETRO EN VALOR BAJO	38
FIGURA 5-3: CONTROL DEL POTENCIÓMETRO DIGITAL EN MODO DISMINUIR.....	38
FIGURA 5-4: CONTROL DEL POTENCIÓMETRO DIGITAL EN MODO AUMENTAR	39
FIGURA 5-5: FORMA DE ONDA CUADRADA	39
FIGURA 5-6: FORMA DE ONDA TRIANGULAR.....	40
FIGURA 5-7: SEÑAL DE AUDIO.....	40
FIGURA 5-8: ACCESO REMOTO A LA APLICACIÓN WEB	41
FIGURA 5-9: CONTROL REMOTO DEL CIRCUITO	42
FIGURA 5-10: SALIDA DEL CIRCUITO	42
FIGURA 5-11: CONTROL REMOTO DEL POTENCIÓMETRO	43
FIGURA 5-12: COMPARATIVA DE LA SALIDA DEL CIRCUITO AMPLIFICADOR	43

FIGURA C-1: PÁGINA WEB CON LOS PROYECTOS	55
FIGURA C-2: PÁGINA WEB DE LAS VÁLVULAS DE VACÍO	55
FIGURA C-3: PÁGINA WEB DE LA HISTORIA DE LAS VÁLVULAS DE VACÍO	56
FIGURA C-4: PÁGINA WEB EXPLICATIVA DE LAS VÁLVULAS DE VACÍO	56
FIGURA C-5: PÁGINA WEB DE CONTROL DEL CIRCUITO	57
FIGURA C-5: VERIFICACIÓN DEL CÓDIGO DE SEGURIDAD	57
FIGURA D-1: CIRCUITO AMPLIFICADOR DE SEÑALES	59
FIGURA D-2: CIRCUITO REAL AMPLIFICADOR DE SEÑALES	59
FIGURA D-3: CIRCUITO AMPLIFICADOR DE AUDIO.....	60
FIGURA D-4: CIRCUITO REAL AMPLIFICADOR DE AUDIO	60
FIGURA D-5: CIRCUITO SELECCIONADOR DE FORMA DE ONDA	61
FIGURA D-6: CIRCUITO REAL SELECCIONADOR DE FORMA DE ONDA	61
FIGURA D-7: CIRCUITO CONTROLADOR DE UN POTENCIÓMETRO DIGITAL.....	62
FIGURA D-8: CIRCUITO REAL CONTROLADOR DE UN POTENCIÓMETRO DIGITAL	62
FIGURA D-9: CIRCUITO COMPLETO	63

1 Introducción

1.1 Motivación

La realización de este trabajo está motivada por el deseo de mostrar el funcionamiento de una válvula de vacío, así como poder controlar y cambiar, de forma remota, su funcionamiento a través de una página web.

Al realizar el diseño de forma libre, se ha podido elegir el sistema operativo y los componentes necesarios para llevarlo a cabo. Esto ha permitido tener una gran variedad de opciones y escoger la que más se ajuste a nuestras necesidades.

El trabajo está orientado a controlar una serie de dispositivos, los cuales actuarán sobre un circuito electrónico, a través de un servidor web que recibirá y procesará las peticiones del cliente conectado a este.

Primeramente, se identificaron las partes del proyecto, esto es, se dividió el proyecto en la parte software y en la parte de hardware, para finalmente conectar ambas. En la parte de software se identificó la funcionalidad que se quería alcanzar, mientras que en la parte de hardware se identificó e implementó el circuito electrónico principal, así como los circuitos electrónicos necesarios para cumplir los objetivos.

Para alcanzar dicha funcionalidad, se implementará una serie de librerías con las que el cliente pueda comunicarse con la Raspberry Pi y a través de ella con los dispositivos encargados de actuar sobre los circuitos electrónicos.

El control sobre los dispositivos se realizará a través de una interfaz web, simplificando el uso de estos por parte del usuario, y eliminando la necesidad de que el usuario tenga unos conocimientos técnicos previos.

1.2 Objetivos

A continuación, se explican los objetivos que se desean alcanzar.

- Realizar el diseño y la implementación de una aplicación remota, en la que se pueda observar y controlar el funcionamiento de una válvula de vacío, a través de la web.
- Implementar una web que permita conocer el funcionamiento de las válvulas de vacío, así como controlar un circuito electrónico.
- Implementar un circuito electrónico que emplee una válvula de vacío como amplificador.
- Implementar un circuito que permita seleccionar el tipo de señal, que se amplificara, teniendo como opciones una señal cuadrada, una señal triangular o una señal de audio.
- Implementar una librería que permita conectar las peticiones web del cliente, con las acciones correspondientes del circuito.

1.3 Organización de la memoria

La memoria consta de los siguientes capítulos:

➤ Estado del arte

En este capítulo se analizará el estado de la tecnología actual en relación a nuestro proyecto. Se presentarán proyectos similares y se analizarán sus características, para posteriormente hacer una comparativa entre ellos.

➤ Diseño

En este capítulo se presentará una descripción del proyecto, en la cual se explicarán las tecnologías empleadas y sus funciones en el proyecto. También, se expondrán los diferentes circuitos electrónicos considerados para el proyecto.

Del mismo modo, se detallará la tecnología empleada para la implementación de las librerías.

➤ Desarrollo

En este capítulo se explicará la implementación de cada una de las librerías, así como los circuitos implementados para la exposición. Se detallará el funcionamiento de cada uno de los circuitos y de cada una de las librerías.

➤ Integración, pruebas y resultados

En este capítulo se mostrarán todas las pruebas realizadas para la comprobación del correcto funcionamiento de los circuitos, de la web y, además, todas las pruebas realizadas para la verificación del correcto funcionamiento de ambas partes en conjunto. Además, las pruebas se acompañarán de fotografías para ilustrar los resultados obtenidos.

➤ Conclusiones y trabajos futuros

En este capítulo se expondrán las conclusiones finales acerca del proyecto llevado a cabo, y se ilustrarán futuros trabajos que podrían extenderse de este.

2 Estado del arte

La tecnología ha evolucionado de forma rápida y constante en los últimos años. Hasta hace unos años, el acceso a internet era como un privilegio, hoy en día es muy extraño no tener acceso a internet en los países desarrollados. Internet y la Web han jugado un papel fundamental tanto en el sector de la informática como en la sociedad en general. La evolución de ambas ha roto las barreras físicas, económicas y ha abierto todo un abanico de nuevas posibilidades. Un ejemplo de esto es el internet de las cosas, que permite la comunicación con los distintos elementos de la casa e interactuar con ellos, a través del móvil. Para ello, se ha empleado algunas de las siguientes tecnologías, que permiten las comunicaciones remotas.

2.1 Tecnologías de control remoto

2.1.1 Bluetooth

Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia [21]. Opera en la frecuencia de radio de 2,4 a 2,48 GHz con amplio espectro y saltos de frecuencia con posibilidad de transmitir en Full Duplex. Entre los objetivos más destacados que persigue esta tecnología está el poder facilitar las comunicaciones entre equipos móviles, y a su vez eliminar los cables y conectores entre estos equipos. Además, busca ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

La mayoría de los dispositivos utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal. Se llama Bluetooth al protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, que requieren corto alcance de emisión y basados en transceptores de bajo costo.

Los dispositivos que incorporan este protocolo pueden comunicarse entre sí cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen que estar alineados y pueden estar en lugares distintos y no cercanos, siempre y cuando la potencia de transmisión sea suficiente.

La especificación de Bluetooth define un canal de comunicación a un máximo 720 kbit/s (1 Mbit/s de capacidad bruta) con rango óptimo de 10 m.

2.1.2 Red de área local inalámbrica

Una red de área local inalámbrica (WLAN), es un sistema de comunicación inalámbrico que intenta minimizar las conexiones cableadas [25]. Para ello, emplea las ondas de radio para llevar la información de un punto a otro sin la necesidad de utilizar cables. Para transmitir la información se emplean las ondas portadoras de radio, sobre las cuales va la información, y que realizan la función de llevar la energía a un receptor remoto. Los datos a transmitir se superponen a la portadora de radio y de este modo pueden ser extraídos exactamente en el receptor final.

Para extraer los datos, el receptor se sitúa en una determinada frecuencia, frecuencia portadora, ignorando el resto. Además, el receptor recibe la información, la almacena y la transmite entre la WLAN y la LAN cableada.

El rango de alcance de esta tecnología puede alcanzar varios cientos de metros, permitiendo la comunicación entre una gran cantidad de dispositivos.

2.1.3 Infrarrojos

Los infrarrojos fueron descubiertos en 1800 por William Herschel. Herschel descubrió que el calor era más fuerte al lado del rojo del espectro y observó que allí no había luz. Los primeros detectores de radiación infrarroja eran bolómetros, instrumentos que captan la radiación por el aumento de temperatura producido en un detector absorbente [22].

Los enlaces infrarrojos se encuentran limitados por el espacio y los obstáculos. Debido a que la longitud de onda de los rayos infrarrojos es muy pequeña (850-900 nm), hace que no se puedan propagar de igual forma comparado con las señales de radio. A causa de esto, las redes infrarrojas suelen estar dirigidas a oficinas o plantas de oficinas de pequeño tamaño.

Por otro lado, las transmisiones infrarrojas presentan la ventaja de que no transmiten a frecuencias bajas, donde el espectro está más limitado y, por lo tanto, evitando las restricciones de ancho de banda a las frecuencias libres.

La comunicación mediante infrarrojos está basada en rayos luminosos que se mueven en el espectro infrarrojo. Los estándares IRDA soportan una gran gama de dispositivos eléctricos, informáticos y de comunicaciones, permite la comunicación bidireccional entre dos extremos a velocidades que oscilan entre los 9.600 bps y los 4 Mbps.

El funcionamiento de este tipo de control a distancia consiste en enviar una señal lumínica desde el aparato de control hasta el aparato receptor de la orden, el cual decodifica la señal y ejecuta el comando recibido (Infrared Data Association, 2011).

2.2 Ejemplo de tecnologías de control remoto

2.2.1 Museos interactivos

Los museos interactivos son la evolución natural de los museos. Además, son muy comunes hoy en día, ya que permiten a los visitantes interactuar con las exposiciones y mejoran la experiencia de los visitantes. Estos museos ofrecen la posibilidad de controlar algún dispositivo de forma remota, siendo responsabilidad del visitante el descubrir cómo funciona el dispositivo que está controlando, o a su vez facilitando la comprensión de algún concepto importante que el dispositivo muestre.

Debido a la aparición y al desarrollo de las tecnologías de control remoto, este tipo de museos se han convertido en una nueva forma de aprender. En España destacan el Museo

de las Ciencias Príncipe Felipe, en Valencia, el cual destaca por exposición llamada Gravedad Cero, y en donde también se realizan actividades interactivas como la de la figura 2-1. Otro museo que destaca es Cosmocaixa, en Barcelona, que posee una sala interactiva que permite entender las leyes de la naturaleza.



Figura 2-1: Actividad interactiva

2.2.2 La domótica

La domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y además permite la comunicación entre el usuario y el sistema [2].

La domótica tiene como fundamento la recepción de señales de entrada provenientes de los sensores de entrada, para posteriormente interpretarlas y dar una respuesta que serán los actuadores los encargados de ejecutar.

La domótica garantiza las comunicaciones mediante el control y supervisión remoto de la vivienda a través de su teléfono, PC..., que permite la recepción de avisos de anomalías e información del funcionamiento de equipos e instalaciones. Además, la domótica facilita el ahorro energético debido a la monitorización de consumos. También, garantiza seguridad a través de la vigilancia automática de personas, animales y bienes, así como de incidencias y averías

3 Diseño

3.1 Introducción

Para la realización de esta aplicación remota, que permite el control de un circuito amplificador con válvulas de vacío, se ha escogido una serie de tecnologías y dispositivos que permitan realizarlo de forma estándar, y, además, garantizando una posible expansión futura. Para ello, se divide la aplicación en una parte hardware y en otra parte software. Todo ello, funcionara sobre una plataforma que permita implementar las respectivas conexiones entre los distintos dispositivos, así como alojar un servidor web que permita el acceso remoto.

3.2 Hardware

En esta parte, se ha elegido la plataforma que reúne todos los requisitos mencionados anteriormente. Entre las diferentes alternativas que se han considerado (Orange Pi, Jaguar One, BeagleBone, Raspberry Pi), se ha optado por escoger la plataforma Raspberry Pi 2 Model B, ya que su uso es simple, existe una gran cantidad de documentación, es una plataforma barata y, además, se contaba con un ejemplar en la universidad.

3.2.1 Raspberry Pi 2 Model B



Figura 3-1: Raspberry Pi 2 Model B

La plataforma Raspberry Pi 2 Model B, mostrada en la figura 3-1, es la evolución del computador Raspberry Pi, lanzado en el año 2012. Está compuesto por una placa de dimensiones reducidas, siendo esta del tamaño de una tarjeta de crédito actual, a la cual se le añaden diferentes puertos de entrada y salida. Cada modelo de Raspberry Pi es diferente del anterior y añade nuevas conexiones o amplía las ya existentes en el anterior modelo. En cuanto a las conexiones, en este modelo nos encontramos con:

- 4 puertos USB.
- 40 pines GPIO.
- 1 puerto completo HDMI.

- 1 puerto Ethernet.
- 1 puerto Jack de 3.5mm para el audio.
- 1 puerto microSD.
- 1 interfaz de cámara (CSI).
- 1 interfaz de display (DSI).

En cuanto al hardware, este modelo cuenta con:

- 1 procesador de ARM Cortex-A7, con cuatro núcleos a una frecuencia de 900 MHz.
- 1 GB de memoria RAM.

El sistema operativo es dependiente del usuario, ya que de entrada el dispositivo no cuenta con uno instalado, sino que a través de una tarjeta microSD cargamos el sistema operativo. La Raspberry Pi fue diseñada para operar bajo un sistema Linux, y actualmente existen muchas distribuciones gratuitas que podemos utilizar, siendo las más populares Raspbian, que está basado en Debian, y Pidora, que está basado en Fedora.

3.2.2 Válvulas de vacío

Una válvula de vacío es un componente electrónico empleado para amplificar, conmutar, o modificar una señal eléctrica mediante el control del movimiento de los electrones en un espacio vacío o bien a muy baja presión, o bien en presencia de gases concretos [26].

Su desarrollo llegó a una etapa crucial a principios del siglo XX, donde contribuyó al desarrollo de la electrónica [3].

3.2.2.1 Características

Aunque existe una gran diversidad de tipos de válvulas de vacío, existen una serie de características comunes [5]:

- Filamentos

El filamento es el que proporciona la energía suficiente para que el cátodo emita una cantidad de electrones adecuada. En las primeras válvulas, el filamento también actuaba como cátodo. Posteriormente se separaron las funciones, quedando el filamento sólo como calefactor y el cátodo como electrodo separado.

- Cátodos

El cátodo es el responsable de la emisión de electrones, que debe ser constante a lo largo de la vida de la válvula. Para prolongar la vida de los filamentos, la temperatura de funcionamiento de los cátodos ha ido disminuyendo, gracias al empleo de materiales con

un potencial de extracción de electrones más bajo. Además, los cátodos también deben ser buenos conductores.

➤ Ánodos

El ánodo recibe el flujo de electrones que, en la mayoría de las válvulas, han sido acelerados hasta adquirir gran energía que transfieren al ánodo cuando chocan contra él. Por ello, los ánodos de las válvulas de potencia son grandes, muchas veces masivos y forman parte del propio cuerpo de la válvula, pudiendo refrigerarse directamente desde el exterior, por contacto con una superficie fría, aire a presión, vapor de agua, etc.

➤ Vacío

Un menor grado de vacío implica la presencia de un mayor número de moléculas de gas en la válvula, aumentando el número de colisiones con los electrones y disminuyendo el rendimiento del tubo. Pero un menor vacío implica un mayor desgaste de los filamentos, por lo que históricamente se ha ido avanzando hacia las válvulas de alto vacío mediante un avance conjunto en todos los demás componentes. Sin embargo, algunas válvulas como los tiratrones basan su funcionamiento en la presencia de ciertos gases llenando el tubo.

➤ Cerámicas

El material más utilizado en construcción del "recipiente" de la válvula es el vidrio. Pero el vidrio tiene bajo punto de fusión, es un buen aislante térmico y es frágil, de modo que para válvulas de alta potencia y radiofrecuencia se prefiere utilizar cerámicas, que son menos frágiles, tienen buena conductividad térmica y alto punto de fusión.

3.2.2.2 Tipología

Según el número de electrodos las válvulas se clasifican en: Diodos, Triodos, Tetrodos, Pentodos, y así sucesivamente [6].

- Diodos. Son componentes electrónicos de dos terminales que permiten la circulación de la corriente eléctrica a través de ellos en un solo sentido. El diodo de vacío, que se muestra en la figura 3-2, es un tubo de vacío con dos electrodos: una lámina como ánodo, y un cátodo.

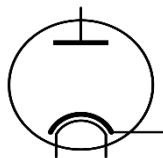


Figura 3-2: Ejemplo de Diodo

- Triodos. Son válvulas electrónicas de amplificación que constan de tres electrodos dispuestos en el interior de una envoltura de vidrio en la que se ha hecho el vacío: un filamento calentado o cátodo, una rejilla, y un ánodo. Una ilustración es la que se muestra en la figura 3-3.

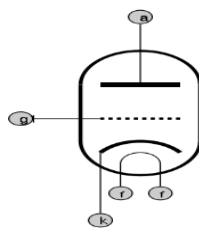


Figura 3-3: Ejemplo de Triodo

- Tetrodos. Son válvulas termoiónicas constituidas por cuatro electrodos: cátodo, dos rejillas y ánodo. Un ejemplo se muestra en la figura 3-4.

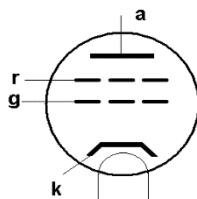


Figura 3-4: Ejemplo de Tetrodo

- Pentodos. Son válvulas termoiónicas formadas por cinco electrodos. Muy parecidas funcionalmente a los triodos, pero tiene tres rejillas en vez de una sola. Un ejemplo se muestra en la figura 3-5.

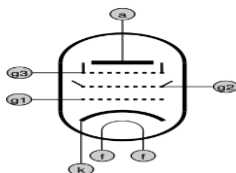


Figura 3-5: Ejemplo de Pentodo

3.2.2.3 Válvula 12AU7

La válvula 12AU7, mostrada en la figura 3-6, es una válvula de vacío de doble triodo, que consta de 9 pines [16]. Esta válvula es conocida en Europa bajo el nombre de ECC82. Existen muchas válvulas equivalentes a esta, con diferentes nombres, pero con características idénticas a esta. Un ejemplo de esto, es la válvula ya mencionada, la ECC82.

Este tipo de válvula de vacío es popular debido a su uso como amplificador de audio. Esta válvula consta de un filamento central que trabaja a 6.3V y a una intensidad de 300mA, y también puede trabajar a 12.6V con una intensidad de 150mA.

La producción de esta válvula continúa en países como Rusia, Eslovaquia y China, a través de la empresa JJ Electronic.

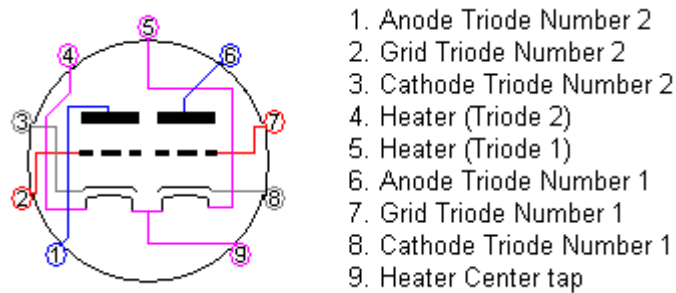


Figura 3-6: Esquema de la válvula 12AU7

3.2.2.4 Válvula ECC82

La válvula ECC82, mostrada en la figura 3-7, es una válvula de vacío de doble triodo, que consta de 9 pines [4]. Las primeras válvulas de este tipo surgieron en el año 1951. Entre sus características destaca su equivalencia con la válvula 12AU7, ya que funcionalmente son idénticas. Se emplea como amplificador de audio y receptor de televisión.

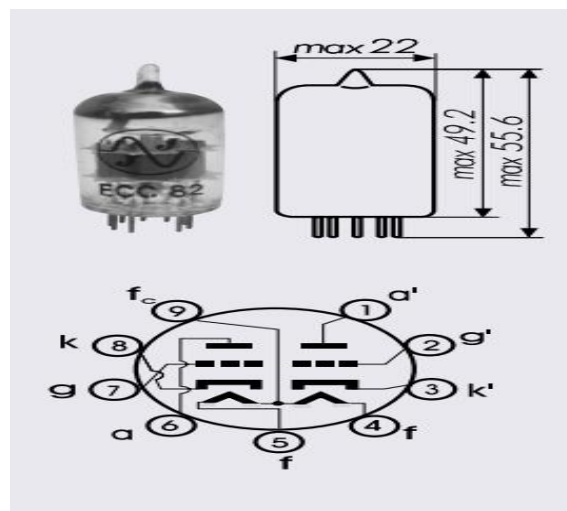


Figura 3-7: Esquema de la válvula ECC82

3.3 Software

El software a emplear seguirá el modelo cliente servidor. Para la comunicación entre cliente y servidor emplearemos HTML, para el lado del cliente, y PHP para el lado del servidor.

Una vez el servidor reciba una petición, ejecutará llamadas a código Python quien se encargará de enviar la respectiva información al circuito electrónico.

3.3.1 Modelo Cliente - Servidor

Este proyecto empleara la arquitectura cliente – servidor, tal y como se puede apreciar en la figura 3-8.

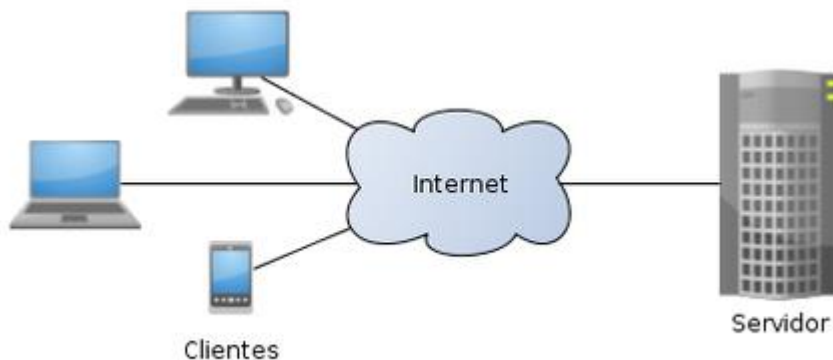


Figura 3-8: Modelo Cliente - Servidor

La parte del cliente consta de una sencilla web, en la cual el cliente podrá consultar información acerca de las válvulas de vacío, y desde donde podrá controlar el circuito electrónico, pulsando los botones correspondientes. Una vez, el cliente pulse el botón correspondiente, se enviará la información al servidor a través de internet, tal y como puede apreciarse en la figura.

El servidor recibirá la información y conocerá la petición de señal del cliente, así como el valor de amplificación, por lo que posteriormente ejecutará el código Python correspondiente a la señal y valor recibidos.

3.3.2 Raspibian

Raspibian es un sistema operativo basado en la versión de Linux Debian y optimizado para la Raspberry Pi. Este sistema operativo fue lanzado en el año 2012 [27].

El sistema operativo fue creado para el procesador de la Raspberry Pi, con soporte optimizado para cálculos en coma flotante por hardware, lo que permite dar más rendimiento. La creación de una versión de Debian fue necesaria ya que no había una versión Debian para la CPU ARMv6 que contiene el Raspberry PI.2

Entre las características del sistema operativo, destacan el uso de LXDE como escritorio y Midori como navegador por defecto de web. También incluye RealVNC con la que se puede utilizar VNC server y el visor de aplicaciones.

La versión más reciente de este sistema se llama Pixel, en la que se incluyen nuevas imágenes que se pueden emplear como fondo de escritorio, nuevos iconos, una mejorada interfaz de navegación entre directorios, más tipos de fuentes de letra, y nueva funcionalidad como la de iniciar sesión automáticamente, la creación de menús que permiten gestionar las opciones de wifi o bluetooth.

3.3.3 Servidor Web Apache

El servidor web HTTP Apache es un servidor web HTTP de código libre, para múltiples plataformas, que implementa el protocolo HTTP/1.1.2 [15].

Este servidor es gestionado por un grupo de voluntarios de todo el mundo. Además, es parte de la Apache Software Foundation dentro del proyecto HTTP Server.

Apache se ha convertido en uno de los servidores más famosos y empleados en la actualidad. Desde 1996, es el servidor HTTP más empleado, y ha contribuido al desarrollo y expansión de la World Wide Web. Uno de sus máximos lo obtuvo en el año 2005 cuando fue empleado por más del 70% de los sitios web mundiales. Otro de sus hitos lo obtuvo en el año 2009 cuando paso a la historia como el primer servidor web que alojaba más de 100 millones de sitios web.

Entre las ventajas que ofrece Apache destacan su arquitectura modular, su multiplataforma, su extensibilidad y su código abierto. Dado que su arquitectura es modular, existen múltiples módulos que podemos agregar al servidor y que nos aportan una mayor funcionalidad. Entre los más destacados tenemos `mod_ssl`, que nos permite establecer comunicaciones más seguras empleando TLS, `mod_proxy_ajp` que nos permite enlazar con Tomcat y tener paginas dinámicas en Java, `mod_php` que nos permite tener paginas dinámicas en PHP, `mod_python` que nos permite tener paginas dinámicas en Python... etc.

3.3.4 HTML

HTML es el estándar que se toma como referencia para la elaboración de páginas web [13]. Describe la estructura de una página web. Los elementos HTML son los que conforman las paginas HTML y están representados mediante etiquetas.

Es un estándar gestionado por la W3C o Consorcio WWW, que es una organización dedicada a la estandarización de casi todas las tecnologías ligadas a la web. Se considera el lenguaje web más importante siendo su invención crucial en la aparición, desarrollo y expansión de la WWW. Es el estándar que se ha impuesto en la visualización de páginas web y es el que todos los navegadores actuales han adoptado.

HTML utiliza una filosofía de desarrollo por diferenciación. Una página web contiene solamente texto y es tarea del navegador web, interpretador del código, unir todos los elementos y representar la página final. Dado que es un estándar, HTML tiene como objetivo ser un lenguaje universal, que permita que independientemente de la versión empleada para escribir cualquier página web, pueda ser interpretada de igual forma por cualquier navegador web.

3.3.5 PHP

PHP (Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy útil para el desarrollo web y que puede ser combinado con HTML. Fue creado originalmente por Rasmus Lerdorf en el año 1995 [19].

PHP es un lenguaje de programación diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. Fue uno de los primeros lenguajes de programación del lado del servidor que se podían incorporar directamente en el documento HTML. El código es interpretado por un servidor web, el cual, a través un módulo de procesamiento de PHP, genera la página web resultante. PHP se puede emplear en la mayoría de los servidores web, al igual que en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin ningún coste.

Una página PHP se interpreta en el lado del servidor, y se genera una página HTML que posteriormente se envía al cliente. Esto contrasta con el lenguaje Javascript, que se interpreta en el lado del cliente.

Las páginas web que emplean PHP son páginas que pueden generar contenido dinámico, ya que a través del PHP pueden generar el código HTML más adecuado para cada caso.

Las características más relevantes del lenguaje PHP son:

- Está orientado al desarrollo de aplicaciones web dinámicas con acceso a información almacenada en una base de datos.
- Es considerado un lenguaje fácil de aprender, ya que en su desarrollo se simplificaron distintas especificaciones.
- El código fuente escrito en PHP es invisible al navegador web y al cliente, ya que es el servidor el que se encarga de ejecutar el código y enviar su resultado HTML al navegador.
- Capacidad de conexión con la mayoría de los motores de base de datos que se utilizan en la actualidad.
- Capacidad de expandir su potencial utilizando módulos.
- Es libre, por lo que se presenta como una alternativa de fácil acceso para todos.
- Permite aplicar técnicas de programación orientada a objetos.
- No requiere definición de tipos de variables, aunque sus variables se pueden evaluar también por el tipo que estén manejando en tiempo de ejecución.
- Debido a su flexibilidad ha tenido una gran acogida como lenguaje base para las aplicaciones WEB de manejo de contenido, y es su uso principal.

3.3.6 PYTHON

Python es un lenguaje de programación creado por Guido van Rossum a finales de los años ochenta. Es un lenguaje de programación interpretado y multiparadigma. Está administrado por Python Software Foundation y tiene licencia de código abierto [10].

Python es un lenguaje de programación multiparadigma. Por lo tanto, permite varios estilos: programación orientada a objetos, programación imperativa y programación funcional.

Python es un lenguaje de programación interpretado, puesto que emplea tipado dinámico y conteo de referencias para la administración de memoria.

Las características más destacadas de Python son:

- Simplicidad: es muy fácil iniciarse en este lenguaje.
- Propósito General: Usando el lenguaje Python se puede crear todo tipo de programas.
- Open Source: código abierto.
- Es un lenguaje Orientado a Objetos.
- Es un lenguaje de Alto Nivel.
- Es incrustable: Se puede insertar lenguaje Python dentro un programa C/C++ y de esta manera ofrecer las facilidades del scripting.
- Extensas Librerías: Python contiene una gran cantidad de librerías, tipos de datos y funciones incorporadas en el propio lenguaje, que ayudan a realizar muchas tareas comunes sin necesidad de tener que programarlas desde cero.
- Sintaxis clara: Python tiene una sintaxis muy visual, gracias a que maneja una sintaxis indentada, que es de carácter obligatorio.

3.3.1 PostgreSQL

PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional orientado a objetos y libre.

Entre sus características destaca su alta concurrencia, y que PostgreSQL permite que mientras un proceso escribe en una tabla, otros accedan a la misma tabla sin necesidad de bloqueos. Además, acepta una amplia variedad de tipos de datos de forma nativa.

Entre las ventajas que ofrece este sistema, destaca su seguridad en general. Además, destaca su integridad referencial, sus afirmaciones, sus disparadores, sus autorizaciones y transacciones.

3.4 Comunicación con dispositivos externos

Para la comunicación con dispositivos externos, se ha optado por emplear dos tipos:

GPIO y PWM.

3.4.1 Comunicación mediante GPIO

La comunicación mediante GPIO es la que se vale de un pin genérico cuyo comportamiento se puede controlar o codificar por el usuario en tiempo de ejecución. A este tipo de pines se les denomina GPIO, y pueden ser tanto de entrada como de salida [23].

Estos pines no tienen ningún objetivo predefinido y no realizan ninguna función específica. El usuario es el encargado de emplearlos de una forma u otra, dándoles una función según sus necesidades.

Este tipo de pines suelen ser comunes en chips con pocos pines (como IC, SoC, integrados y hardware a la medida), chips multifunción y aplicaciones embebidas como la Raspberry Pi 2.

Para este tipo de comunicación será necesario configurar y definir qué pines se van a emplear, es decir, especificar el número de pin de la Raspberry; el sentido de la señal, es decir, si será una señal de salida o será una señal de entrada; y qué valor toma este pin, siendo éste un valor lógico (Raspberry PI Foundation, 2012a).

3.4.2 Comunicación mediante PWM

La modulación por ancho de pulsos (PWM) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga [24].

$$D = \frac{\tau}{T}$$

D es el ciclo de trabajo

Tau es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso)

T es el período de la función

Actualmente, este tipo de comunicación está presente en muchos circuitos integrados para lograr circuitos funcionales que puedan controlar fuentes conmutadas, controles de motores y algunas otras aplicaciones. Se distinguen por fabricar este tipo de circuitos integrados compañías como Texas Instruments, National Semiconductor, Maxim, y algunas otras más.

4 Desarrollo

En este capítulo se explica con detalle la implementación de los circuitos y comunicación de la web con ellos. La aplicación se divide en una parte software y otra parte hardware. La parte software consiste en la interfaz que maneja el usuario, y la parte hardware está formada por los circuitos electrónicos que muestran el resultado de las acciones del usuario. Además, se implementa un circuito amplificador a modo de prototipo que verifica el funcionamiento de las válvulas de vacío [Anexo D].

4.1 Circuito amplificador

4.1.1 Hardware

Para la amplificación de audio se ha construido el circuito electrónico mostrado en la figura 4-1. Este circuito emplea una válvula de vacío de doble triodo, la 12AU7 o en su defecto una equivalente, la ECC82 [9].

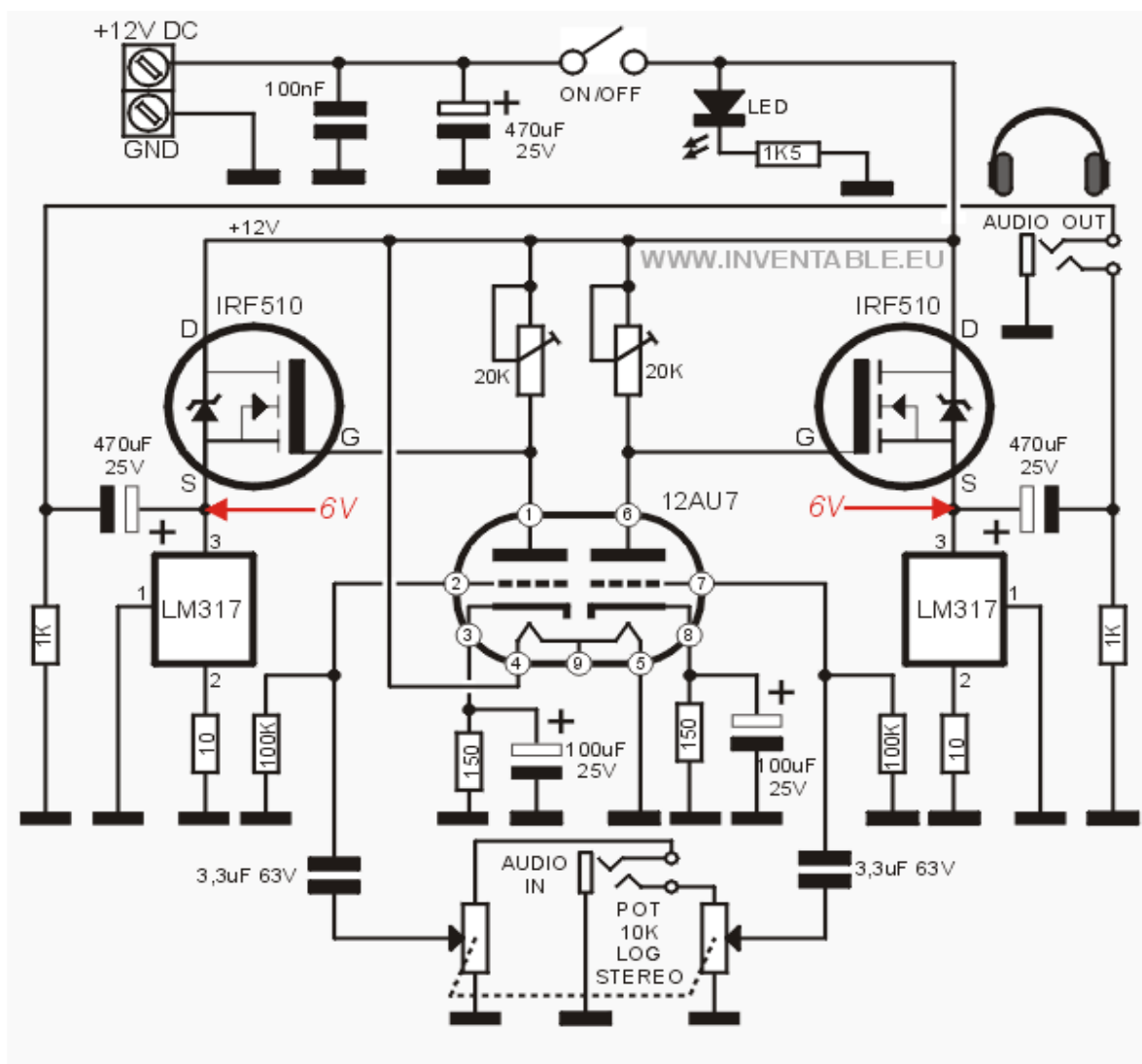


Figura 4-1: Circuito amplificador de audio

Para que el usuario pueda controlar este circuito, a través de la interfaz web, se ha sustituido el potenciómetro manual de la figura 4-2, por un potenciómetro digital. Para conectar este potenciómetro a la Raspberry Pi se ha implementado el siguiente circuito.

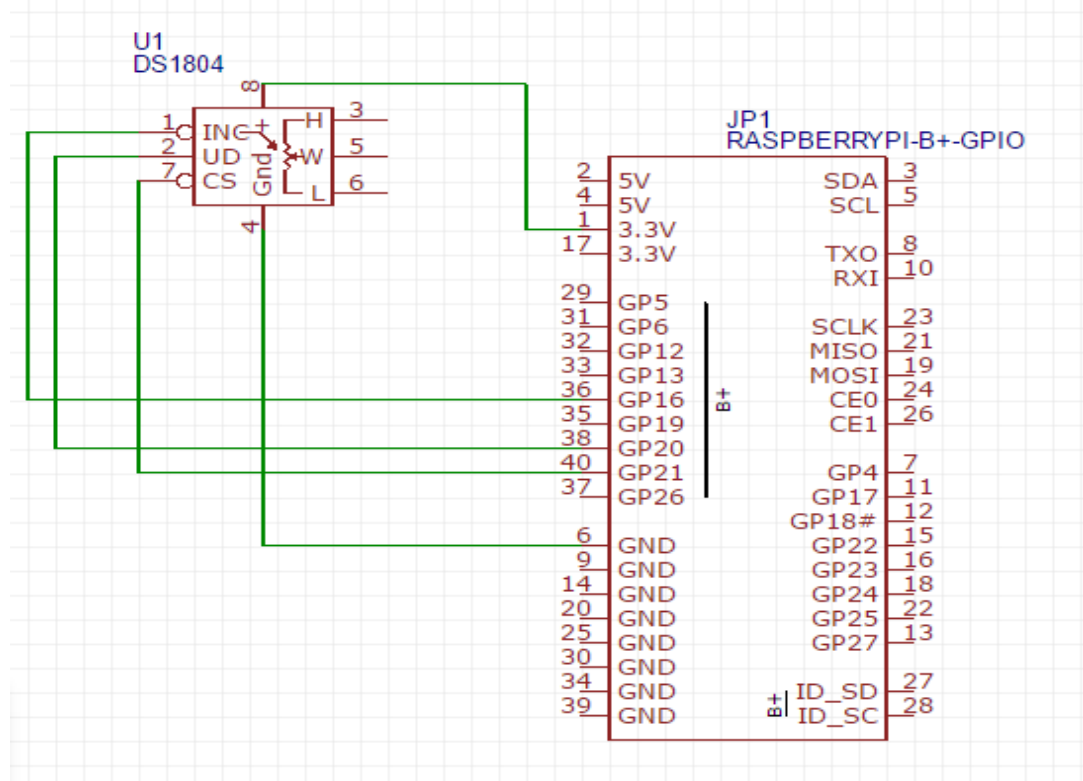


Figura 4-2: Esquema de control de un potenciómetro

4.1.2 Software

Se trata de un fichero de código Python, que permite la comunicación mediante GPIO con la Raspberry Pi. Para ello, se activan y desactivan los pines correspondientes, lo que permite controlar el potenciómetro de forma remota.

Cada uno de estos ficheros importa la librería RPi.GPIO, librería de distribución libre y que permite acceder a las funcionalidades que nos ofrecen este tipo de puertos de la Raspberry [11].

4.1.3 potenciometro.py

Se trata de un fichero de código Python, que recibe como argumentos dos números enteros. El primero debe ser un valor lógico (1 ó 0), y que indica si queremos aumentar o disminuir el valor del potenciómetro. El segundo argumento indica la cantidad que queremos aumentar o disminuir.

Este fichero trabaja sobre una numeración de pines BCM [14], que es una forma de referenciar los pines de la placa.

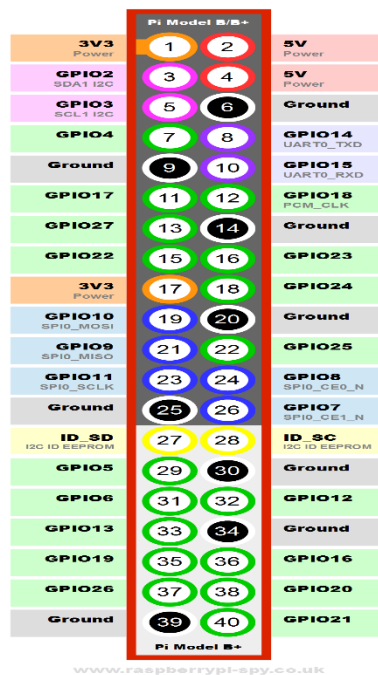


Figura 4-3: Pines Raspberry Pi 2 Model B con numeración BCM

En la figura 4-3, se puede observar la numeración de los pines, y su correspondiente nombre.

Una vez identificado el número de GPIO del pin a emplear, se debe configurar y establecer el sentido de la comunicación, esto es, si será un pin de salida (modo OUT) o de entrada (modo IN).

Por último, se establece el valor del pin activándolo a '1' o desactivándolo a '0'.

4.2 Circuito seleccionador de formas de onda

4.2.1 Hardware

Para poder seleccionar el tipo de forma de onda deseada, se ha implementado un circuito electrónico, mostrado en la figura 4-4, en el que a las entradas de un multiplexor se colocan las distintas formas de onda. Para ello, se ha empleado el multiplexor MAX338. Para la generación de la señal cuadrada se ha empleado un PWM, para la señal triangular un circuito que actúa sobre una señal cuadrada y, para la generación de audio un jack de 3.5 que tiene como entrada un mp3.

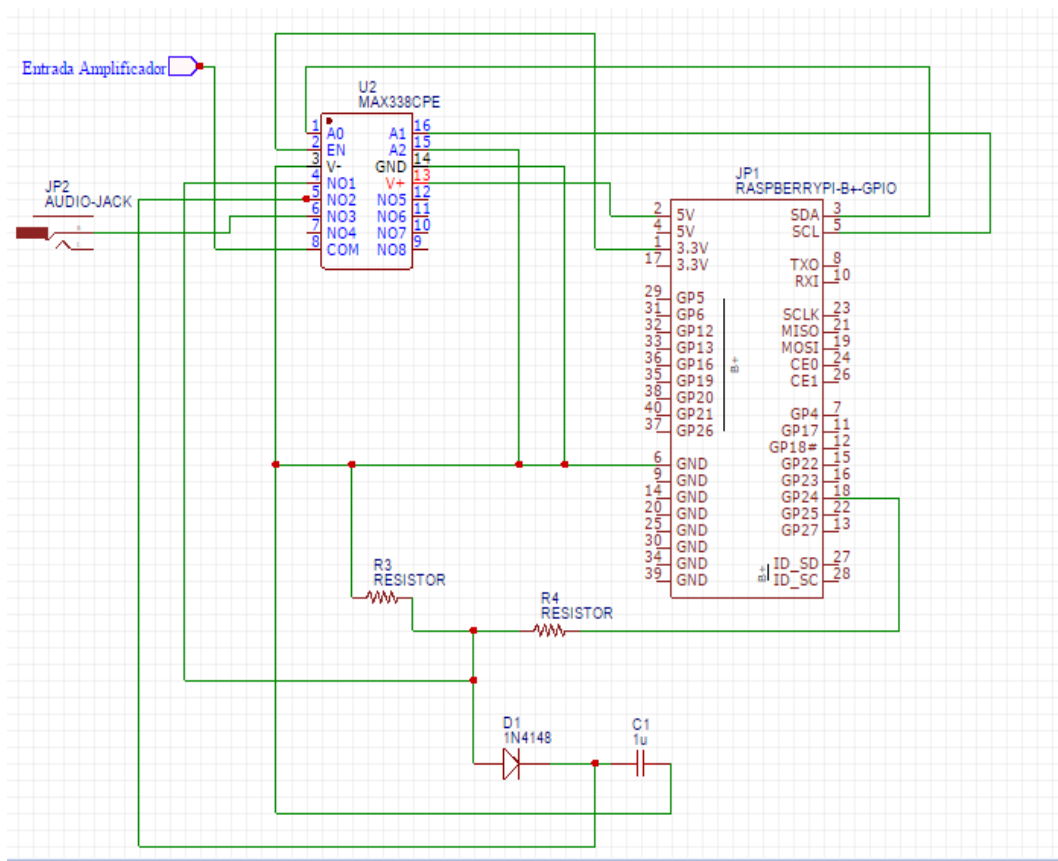


Figura 4-4: Circuito seleccionador de forma de onda

4.2.2 Software

Se trata de un fichero de código Python, que permite la comunicación mediante GPIO con la Raspberry Pi. Para ello, se activan y desactivan los pines correspondientes, lo que permite controlar el multiplexor de forma remota.

Cada uno de estos ficheros importa la librería RPi.GPIO, librería de distribución libre y que permite acceder a las funcionalidades que nos ofrecen este tipo de puertos de la Raspberry [11].

4.2.3 multiplexor.py

Se trata de un fichero de código Python, que recibe como argumento un número que identificará a cada forma de onda, siendo el 0 una señal cuadrada, 1 una señal triangular y el 2, una señal de audio. Una vez identificado el tipo de señal se activan los pines correspondientes mediante la librería de GPIO, y siguiendo el sistema de numeración BCM.

4.2.4 cuadrada.py

Se trata de un fichero de código Python, que recibe como argumento un numero entero entre 0 y 1024, que indica el ciclo de trabajo del PWM [8]. Este programa trabaja sobre el pin 18, siguiendo la numero BCM, ya que es el único pin que soporta PWM como salida [7]. Tras comprobar que el parámetro está dentro del rango establecido, se genera una señal PWM en dicho pin.

5 Integración, pruebas y resultados

Para comprobar el correcto funcionamiento de todos los componentes que forman este trabajo, se han realizado dos tipos de pruebas:

- Pruebas Unitarias. En este tipo de pruebas se verifica y se compara el resultado esperado con el resultado obtenido, de cada componente por separado.
- Pruebas de integración. En este tipo de pruebas se comprueba el funcionamiento de los componentes de forma conjunta, pudiéndose comprobar y verificar que el resultado obtenido concuerda con el resultado esperado.

5.1 Pruebas unitarias

En esta sección se recogen los resultados de cada una de las pruebas unitarias realizadas.

5.1.1 Circuito amplificador

Esta prueba consiste en introducir audio y comprobar que con a medida que varía el valor de la resistencia del potenciómetro, la salida también varía acorde con la primera variación. En la figura 5-1, se muestra el resultado del circuito a valores altos de amplificación. El canal 1, representado por la línea amarilla, se corresponde con la entrada del amplificador. Mientras que el canal 3, representado por la línea azul, se corresponde con la salida del amplificador.

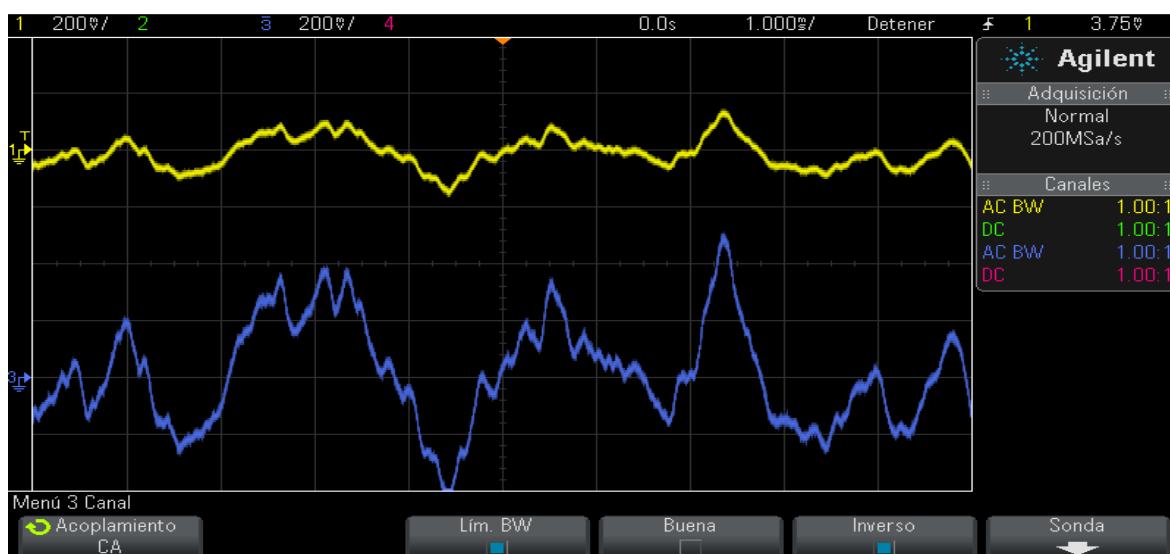


Figura 5-1: Amplificador de audio con potenciómetro en valor alto

Posteriormente, se varía el potenciómetro y se obtiene el siguiente resultado, mostrado en la figura 5-2. El canal 1, representado por la línea amarilla, se corresponde con la entrada del amplificador. Mientras que el canal 3, representado por la línea azul, se corresponde con la salida del amplificador.

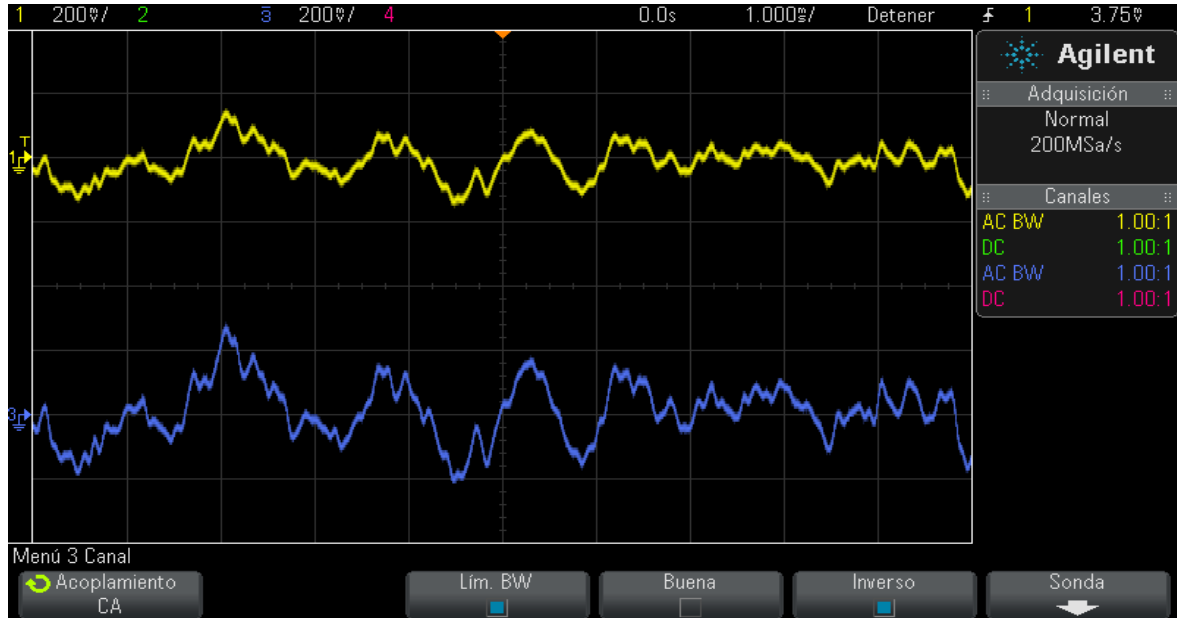


Figura 5-2: Amplificador de audio con potenciómetro en valor bajo

5.1.2 Control del potenciómetro digital

Esta prueba consiste en hacer llamadas al fichero potenciometro.py, para comprobar su correcto funcionamiento.

Para ello, la primera prueba es hacer una llamada para disminuir el valor del potenciómetro, y se obtiene el resultado mostrado en la figura 5-3, siendo las unidades en $K\Omega$.



Figura 5-3: Control del potenciómetro digital en modo disminuir

La siguiente prueba consisten en hacer una llamada para aumentar el valor del potenciómetro, y se obtiene el resultado mostrado en la figura 5-4, siendo las unidades en $K\Omega$.

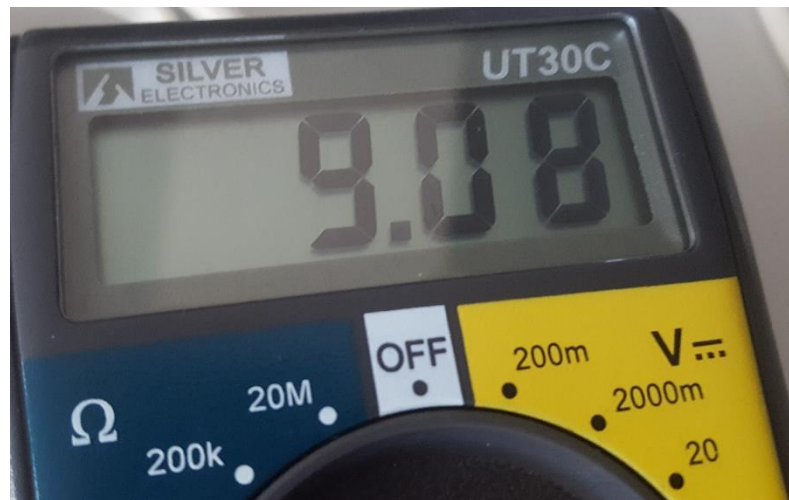


Figura 5-4: Control del potenciómetro digital en modo aumentar

5.1.3 Circuito seleccionador de formas de onda

Esta prueba consiste en verificar que la salida del multiplexor concuerda con lo esperado. Para ello, se ejecuta el fichero multiplexor.py con todos los posibles valores que admite y se observa que los resultados concuerdan con lo esperado. De esta forma, se pueden adjuntar los resultados.

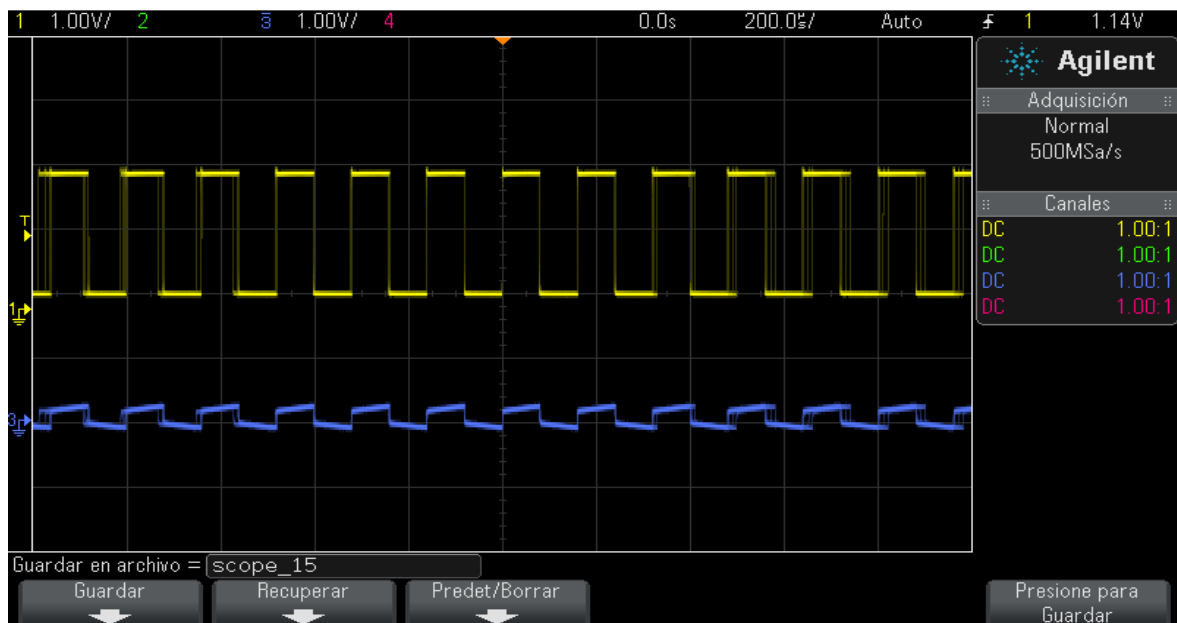


Figura 5-5: Forma de onda cuadrada

En la figura 5-5, se puede observar la salida del multiplexor, cuando se selecciona la primera entrada, la cual se corresponde con una señal cuadrada. El canal 1, representado por la línea amarilla, se corresponde con la entrada del amplificador. Mientras que el canal 3, representado por la línea azul, se corresponde con la salida del amplificador. También, se puede observar cómo debido al potenciómetro el circuito también puede actuar como reductor.

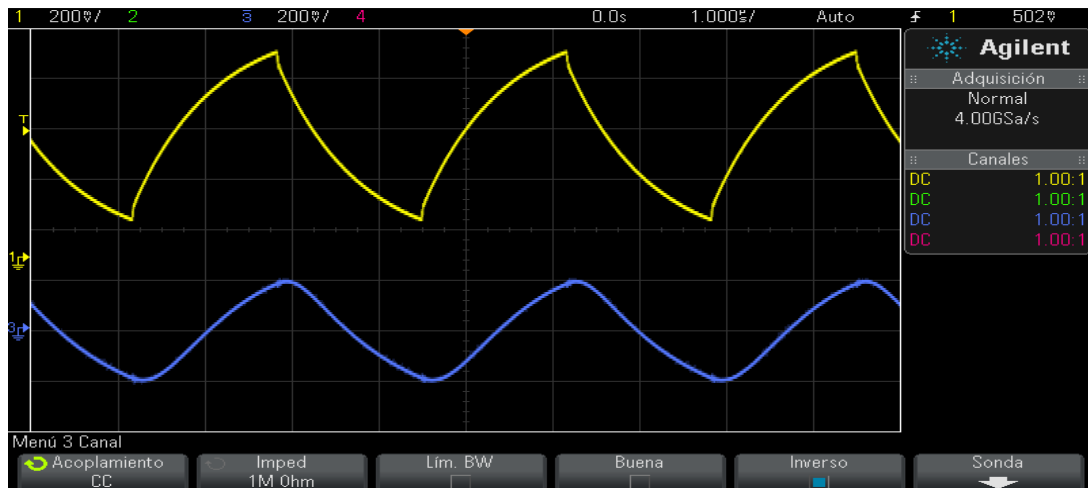


Figura 5-6: Forma de onda triangular

En la figura 5-6, se puede observar la salida del multiplexor, cuando se selecciona la segunda entrada, la cual se corresponde con una señal triangular. El canal 1, representado por la línea amarilla, se corresponde con la entrada del amplificador. Mientras que el canal 3, representado por la línea azul, se corresponde con la salida del amplificador.

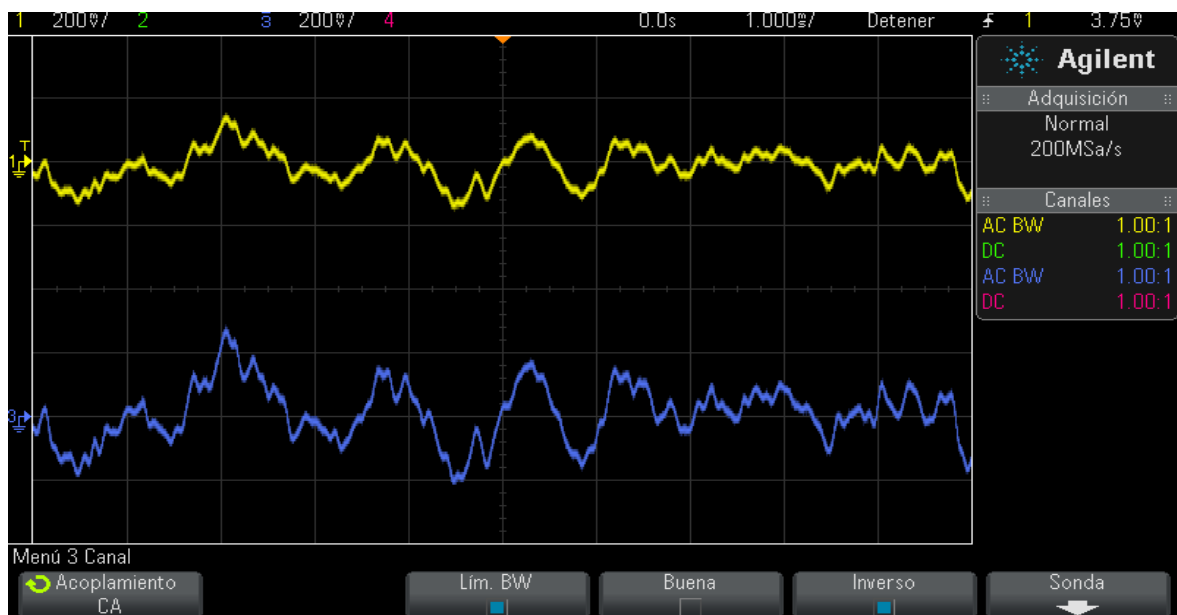


Figura 5-7: Señal de audio

En la figura 5-7, se puede observar la salida del multiplexor, cuando se selecciona la tercera entrada, la cual se corresponde con una señal de audio. El canal 1, representado por la línea amarilla, se corresponde con la entrada del amplificador. Mientras que el canal 3, representado por la línea azul, se corresponde con la salida del amplificador.

5.1.1 Interfaz web

Esta prueba consiste en verificar que el servidor de la Raspberry Pi funciona correctamente, y muestra la web. Para ello, se conecta de forma remota a la Raspberry Pi y se accede a la dirección donde debería alojarse la web, como se muestra en la figura 5-8.

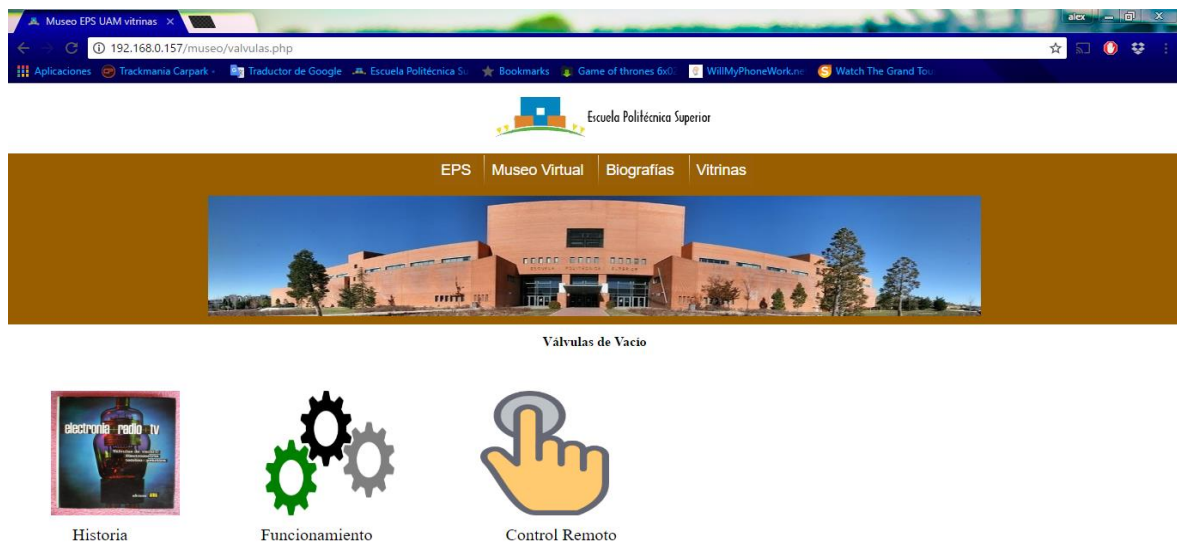


Figura 5-8: Acceso remoto a la aplicación web

5.2 Pruebas de integración y Resultados

En esta sección se muestran las pruebas de integración llevadas a cabo para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación remota.

5.2.1 Interfaz web y seleccionador de formas de onda

En esta prueba se comprueba que, según el tipo de forma de onda seleccionada en la web, se corresponde con la salida del multiplexor, como se muestran en las figuras 5-9 y 5-10. Además, el usuario debe introducir un código de seguridad (2017museoEPS) sin el cual la aplicación no funcionará [Anexo C].

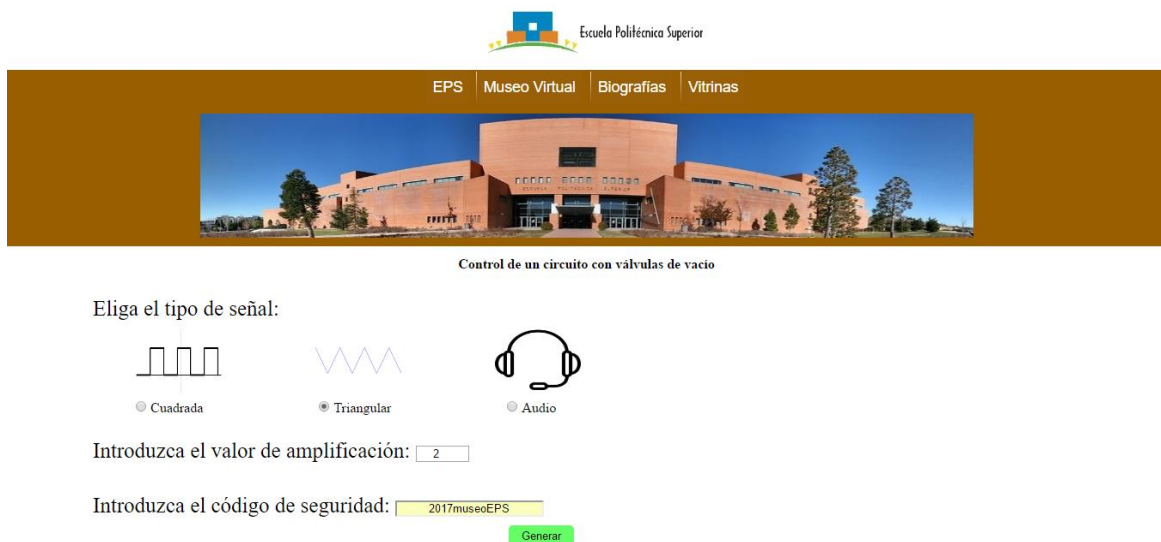


Figura 5-9: Control remoto del circuito

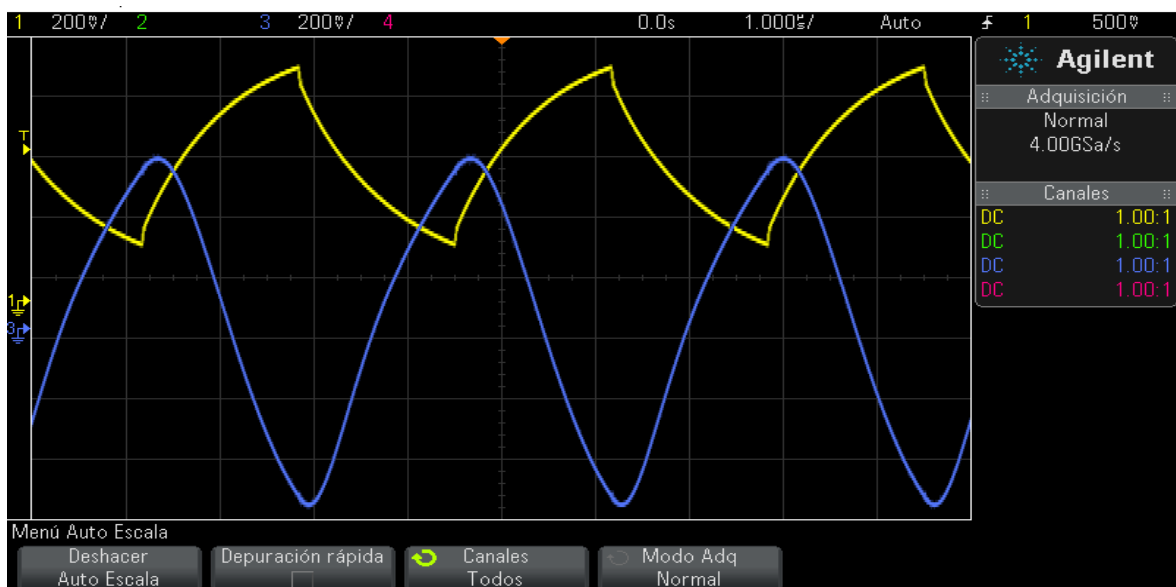


Figura 5-10: Salida del circuito

5.2.2 Interfaz web y potenciómetro digital

En esta prueba se comprueba que, según el valor introducido en la web, el potenciómetro establece el valor de la resistencia correspondiente, tal y como se puede observar en las figuras 5-11 y 5-12. Además, se observa que este cambio de valor implica un cambio en la salida del circuito amplificador tal y como se puede apreciar en la figura 5-13.



Figura 5-11: Control remoto del potenciómetro



Figura 5-12: Comparativa de la salida del circuito amplificador

Para más detalle, ver figuras 5-10 y 5-6.

6 Conclusiones y trabajo futuro

6.1 Conclusiones

El propósito de este trabajo era realizar una plataforma de control remoto de coste reducido, que contenga su propio servidor, y que implementa los métodos de comunicación necesarios para conectar los distintos dispositivos externos que serán los encargados de controlar el circuito electrónico.

A continuación, se escogió el sistema operativo para la plataforma Raspberry Pi: Raspbian, el cual proporcionaba una gran cantidad de librerías que simplificaban y hacían más accesible el manejo de los componentes necesarios(pines) de la Raspberry Pi.

Tras instalar todo el software necesario para poder controlar los distintos pines de la Raspberry Pi, se implementaron los ficheros de control que permitirían al servidor web controlar los distintos componentes del circuito electrónico a través de los pines. Para el desarrollo de estos ficheros, se escogió este lenguaje Python.

Para la parte de la interfaz web, se eligieron los lenguajes HTML y PHP, que permitirían crear una interfaz sencilla y amigable, a la vez que permitiría comprobar que los ficheros implementados funcionan de forma correcta.

Todo esto, forma una plataforma de control remoto de fácil expansión, pudiendo añadir más funcionalidad sin necesidad de realizar grandes cambios en los ficheros.

6.2 Trabajo futuro

Existen diversas vías que pueden seguirse para trabajos futuros. Una de ellas, es añadir más formas de onda a elegir por el usuario. De esta forma se da más libertad al usuario de elegir entre un abanico más amplio de posibilidades.

Otra vía para un trabajo futuro sería la posibilidad de fortalecer la seguridad y el acceso al control remoto, cambiando la forma en la que se obtiene la clave de seguridad. De esta forma, se obtendría la clave de un dispositivo externo que sería el encargado de generar la clave correspondiente y mostrarlo al usuario a través de una pantalla. También se contempla la opción de cambiar la clave por un código QR.

Referencias

- [1] Arrizen (2013). Teoría 7 – Válvulas de vacío. <https://arrizen.wordpress.com/2013/08/02/teoria-7-valvulas-de-vacio/>
- [2] Cedom. Qué es la domótica. Retrieved from <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>
- [3] Cinacchi, Javier R. Funcionamiento de la válvula de vacío. Retrieved from <http://www.estudiargratis.com.ar/cursos-reparacion-pc/valvula-vacio-funcionamiento.html>
- [4] Drtube. Valvula ECC82. Retrieved from <http://drtube.com/datasheets/ecc82-jj2003.pdf>
- [5] Ecured. Valvula termoinica. Retrieved from https://www.ecured.cu/V%C3%A1lvula_termoi%C3%B3nica
- [6] Figueroa Fagandini, F. El tubo de vacío. Retrieved from <https://www.fayerwayer.com/2011/04/el-tubo-de-vacio-viva-el-ingenio/>
- [7] Gordons Projects. Software PWM Library. Retrieved from <https://projects.drogon.net/raspberry-pi/wiringpi/software-pwm-library/>
- [8] Gordons Projects. Wiring Pi. Retrieved from <https://projects.drogon.net/raspberry-pi/wiringpi/>
- [9] Inventable. Amplificador valvular para auriculares. Retrieved from <https://www.inventable.eu/2013/05/16/amplificador-valvular-para-auriculares/>
- [10] Python Software Foundation. Python documentation. Retrieved from <https://www.python.org/doc/>
- [11] Python Software Foundation. Rpi GPIO. Retrieved from <https://pypi.python.org/pypi/RPi.GPIO>
- [12] Radioelectrónica (2012). Las válvulas de vacío III. Retrieved from <http://www.radioelectronica.es/articulos-teoricos/100-las-valvulas-de-vacio-iii>
- [13] Raspberry Pi Foundation. Raspbian. Retrieved from <https://www.raspbian.org/>
- [14] Raspberry Pi Foundation. GPIO: Raspberry Pi 2. Retrieved from <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio-plus-and-raspi2/>
- [15] Raspberry Pi Foundation. Setting up an Apache web server on a Raspberry Pi. Retrieved from <https://www.raspberrypi.org/documentation/remote-access/web-server/apache.md>
- [16] Tdsl.duncanamps.com. 12AU7. Retrieved from <http://tdsl.duncanamps.com/show.php?des=12au7>
- [17] Torres, Jaime. La válvula de vacío, el transistor y los circuitos integrados. Retrieved from <http://disindest54.blogspot.com.es/2013/10/la-valvula-de-vacio-el-transistor-y-los.html>
- [18] W3Schools. HTML Introduction. Retrieved from https://www.w3schools.com/html/html_intro.asp
- [19] W3Schools. PHP 5 tutorial. Retrieved from <https://www.w3schools.com/php/default.asp>
- [20] W3Schools. PHP 5 Functions. Retrieved from https://www.w3schools.com/php/php_functions.asp
- [21] Wikipedia (2015). Bluetooth. Retrieved from <https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [22] Wikipedia (2015). Enlace infrarrojo. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Enlace_infrarrojo

- [23] Wikipedia (2015). General-purpose input/output. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/General-purpose_input/output
- [24] Wikipedia (2015). Pulse-width modulation. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation
- [25] Wikipedia (2012). Red de área local inalámbrica. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_%C3%A1rea_local_inal%C3%A1mbrica
- [26] Wikipedia (2017). Válvula termoiónica. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_termoi%C3%B3nica

Glosario

CPU	Central Processing Unit
HTML	Hypertext Markup Language
PHP	Hypertext Preprocessor
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HDMI	High-Definition Multimedia Interface
IRDA	Infra-Red Data Association
GPIO	General Purpose Input/Output
PWM	Pulse-Width Modulation
W3C	World Wide Web Consortium
WLAN	Wireless Local Area Network
WWW	World Wide Web

Anexos

A Manual de instalación

A continuación, se mostrarán los pasos a seguir para poder equipar a la Raspberry Pi, con el software necesario para que sea una plataforma remota:

Primeramente, se debe instalar el sistema operativo que se desee en la tarjeta SD que emplearemos como memoria principal de nuestra plataforma.

Para instalar el sistema operativo debemos descargar una imagen del sistema operativo, y la instalamos en la tarjeta.

Posteriormente, se procede a instalar el servidor Apache mediante los siguientes comandos dentro de la terminal de nuestra Raspberry:

```
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get install apache2 php5 libapache2-mod-php5
$ sudo /etc/init.d/apache2 restart
```

Con esto se instala Apache y PHP en la Raspberry. Después, se instala Python. Para ello, se debe ejecutar:

```
$ sudo apt-get install python-dev
$ sudo apt-get install python-rpi.gpio
$ sudo apt-get update && sudo apt-get upgrade
```

Para instalar la base de datos se debe ejecutar el siguiente comando:

```
$ sudo apt-get install postgresql postgresql-contrib
```

Para poder utilizar la librería wiringPi, se debe ejecutar los siguientes comandos:

```
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get install python-pip
$ sudo pip install wiringpi2
```


B Manual del programador

A continuación, se mostrarán ejemplos de llamadas a los ficheros Python implementados para el control de los distintos componentes:

Fichero de control del multiplexor: la llamada necesita como argumento un numero entero que identifica la entrada que queremos seleccionar como salida. Por ejemplo:

```
$ sudo python /var/www/leds/gpio/multiplexor.py 0
```

Fichero de control de la señal cuadrada: la llamada necesita como argumento un numero entero, entre 0 y 1024, que se corresponde con el ciclo de trabajo de la señal PWM. Por ejemplo:

```
$ sudo python /var/www/leds/gpio/cuadrada.py 512
```

Fichero de control del potenciómetro: la llamada necesita como primer argumento un numero entero que indica si queremos aumentar o disminuir el valor del potenciómetro, y como segundo argumento el número de pasos a aumentar o disminuir, siendo cada paso de 100 ohmios. Por ejemplo:

```
$ sudo python /var/www/leds/gpio/potenciometro.py 1 3
```


C Diseño web

Página que contiene todos los proyectos, se muestra en la figura C-1.

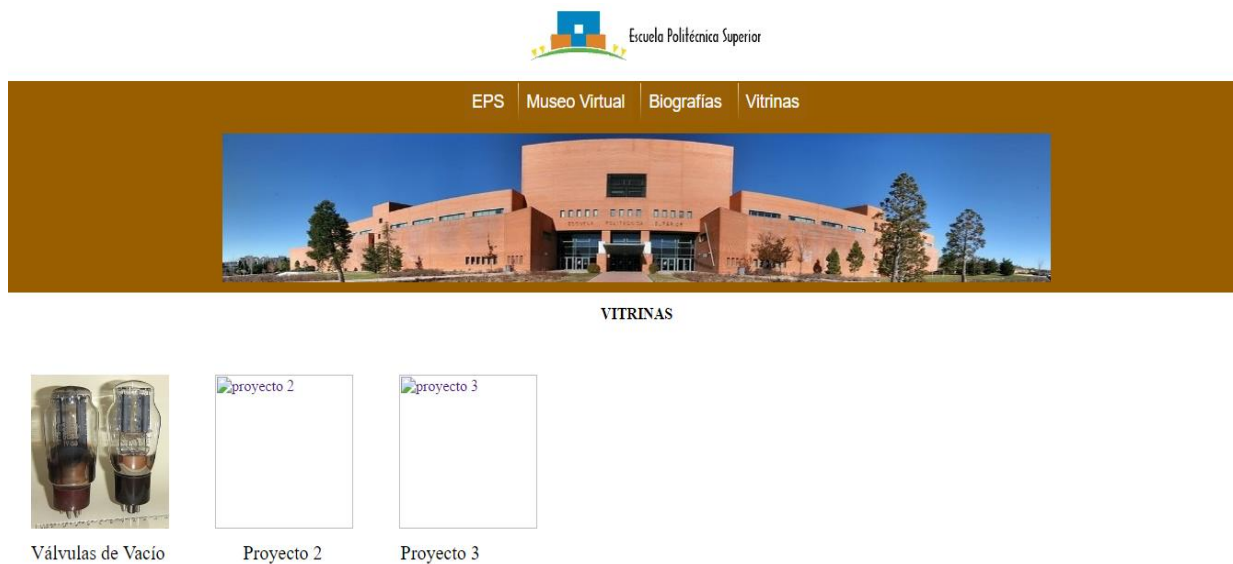


Figura C-1: Página web con los proyectos

Página relacionada con las válvulas de vacío, se muestra en la figura C-2.

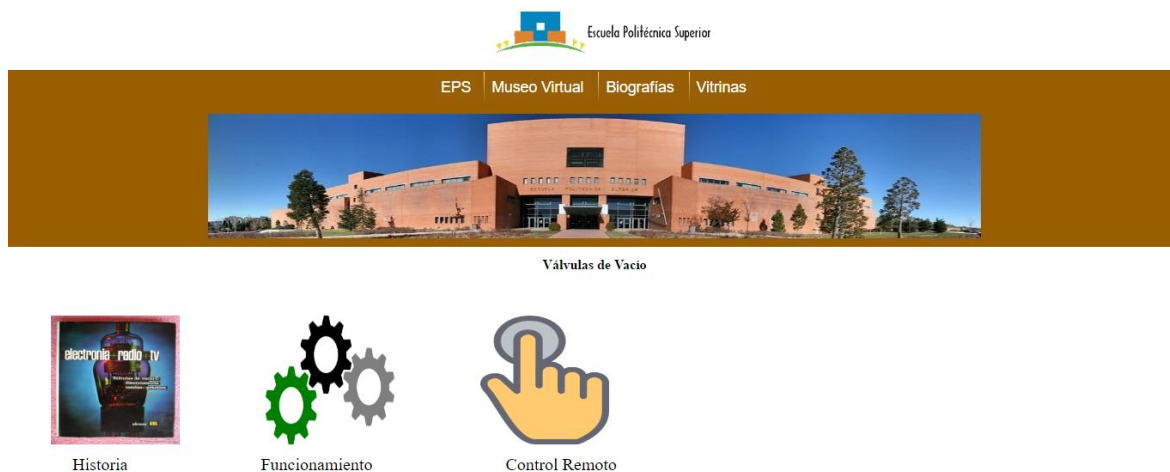


Figura C-2: Página web de las válvulas de vacío

Página que contiene la historia de las válvulas de vacío, se muestra en la figura C-3.



Figura C-3: Página web de la historia de las válvulas de vacío

Página que explica el funcionamiento de las válvulas de vacío, se muestra en la figura C-4.



Figura C-4: Página web explicativa de las válvulas de vacío

Página que permite el control del circuito, se muestra en la figura C-5.



Figura C-5: Página web de control del circuito

Verificación del código de seguridad, se muestra en la figura C-6.

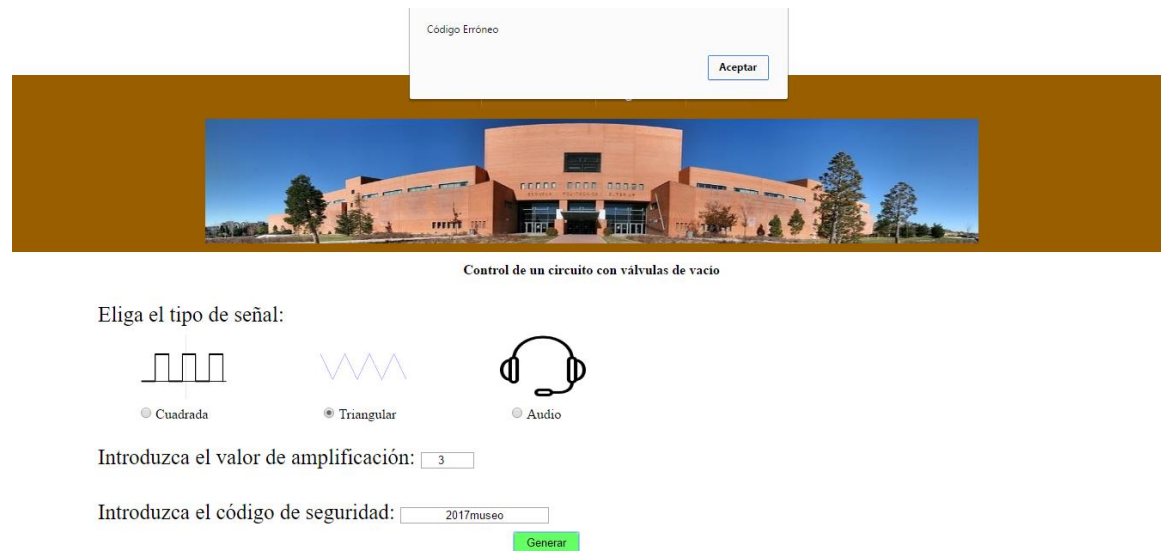


Figura C-6: Verificación del código de seguridad

D Montaje de experimentos

Circuito amplificador de señales (Diseño), se muestra en la figura D-1.

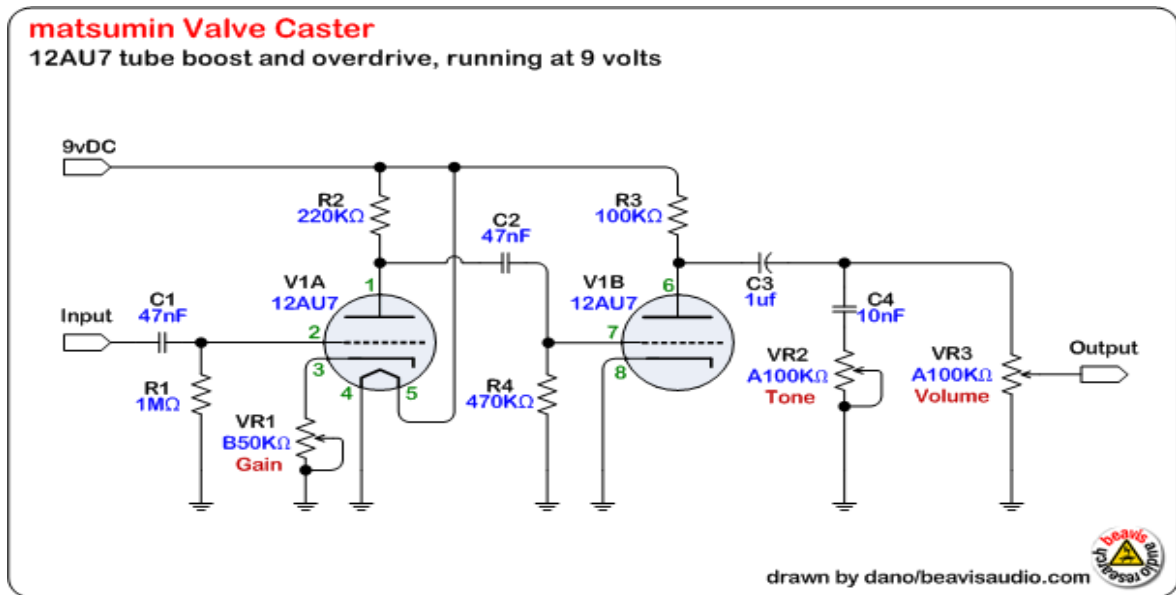


Figura D-7: Circuito amplificador de señales

Circuito real se muestra en la figura D-2.

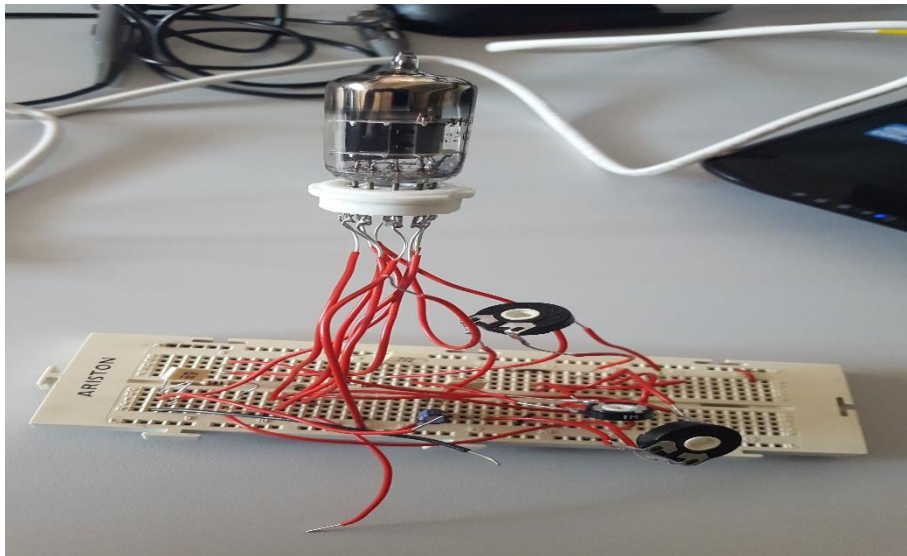


Figura D-8: Circuito real amplificador de señales

Circuito amplificador de audio (Diseño), se muestra en la figura D-3.

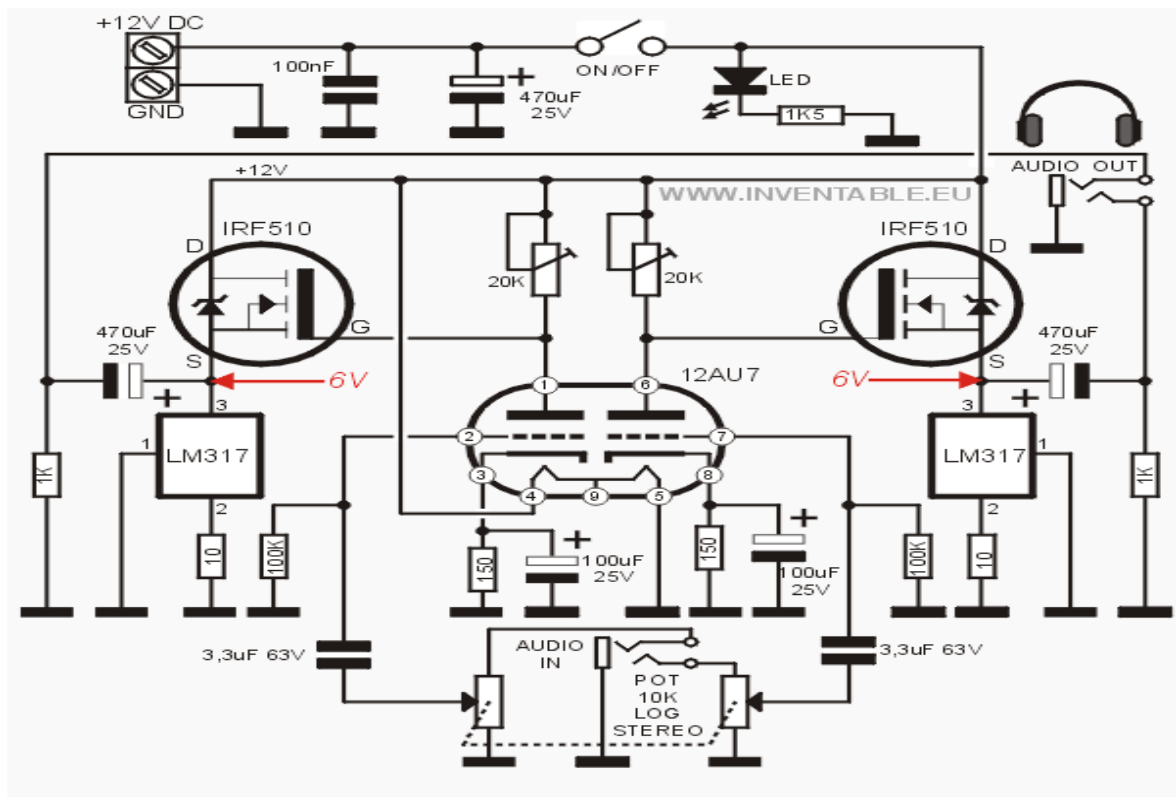


Figura D-9: Circuito amplificador de audio

Circuito real se muestra en la figura D-4.

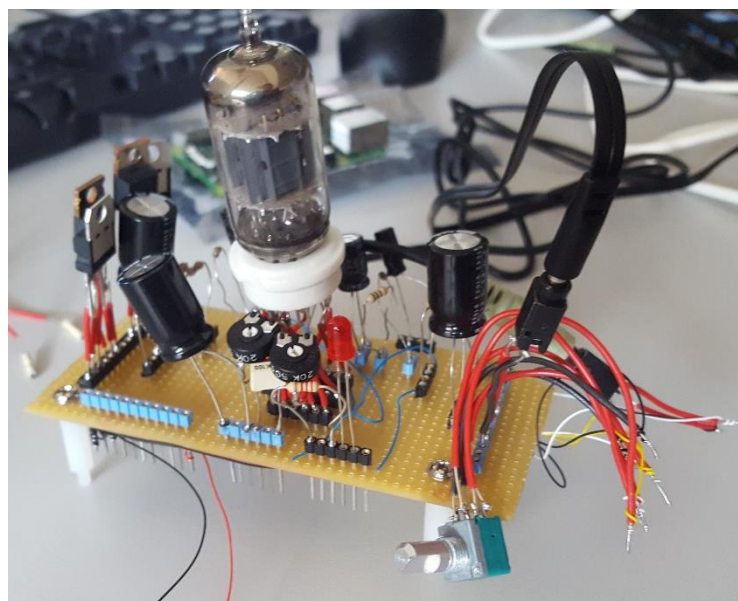
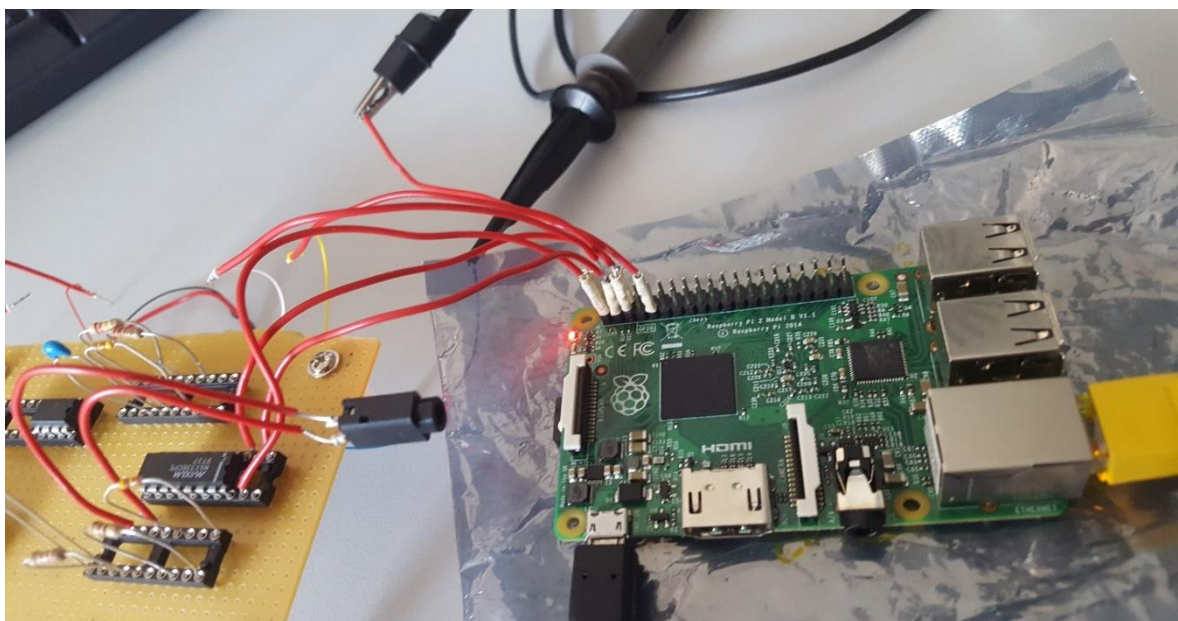


Figura D-10: Circuito real amplificador de audio

El circuito real se muestra en la figura D-6.



61

Para el control potenciómetro digital, se empleará un circuito como el de la figura D-7.

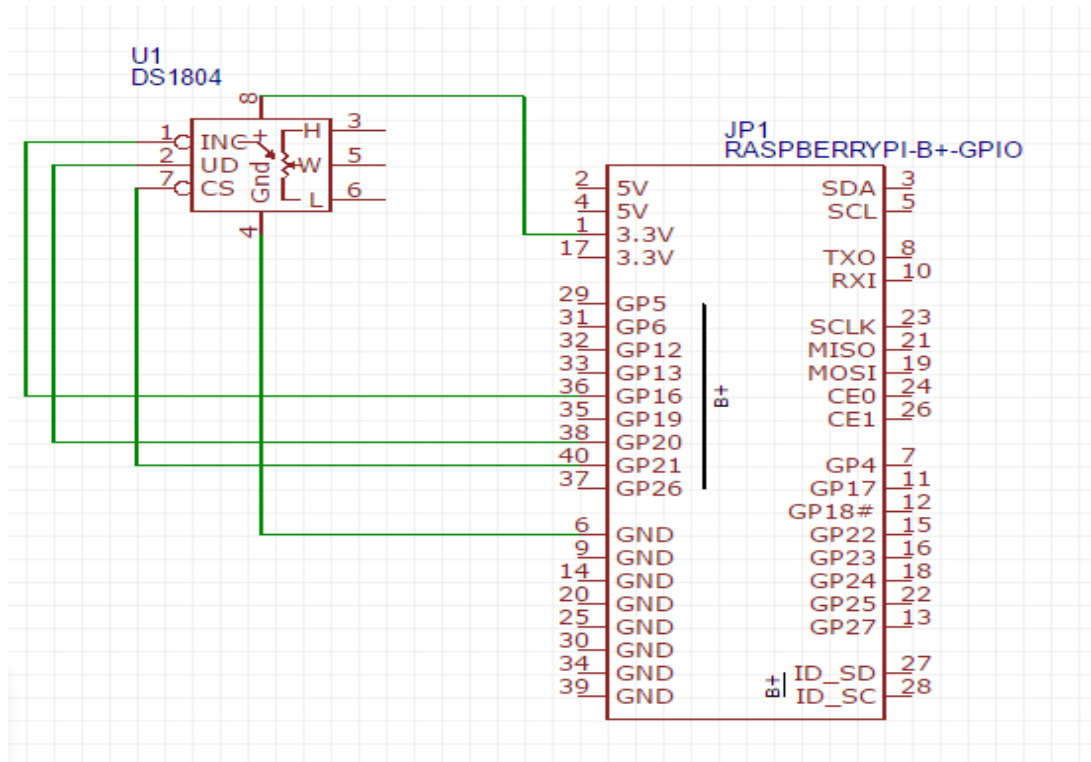


Figura D-13: Circuito controlador de un potenciómetro digital

El circuito real se muestra en la figura D-8.



Figura D-14: Circuito real controlador de un potenciómetro digital

En circuito real completo que integra todo lo mencionado anteriormente, se muestra en la figura D-9.

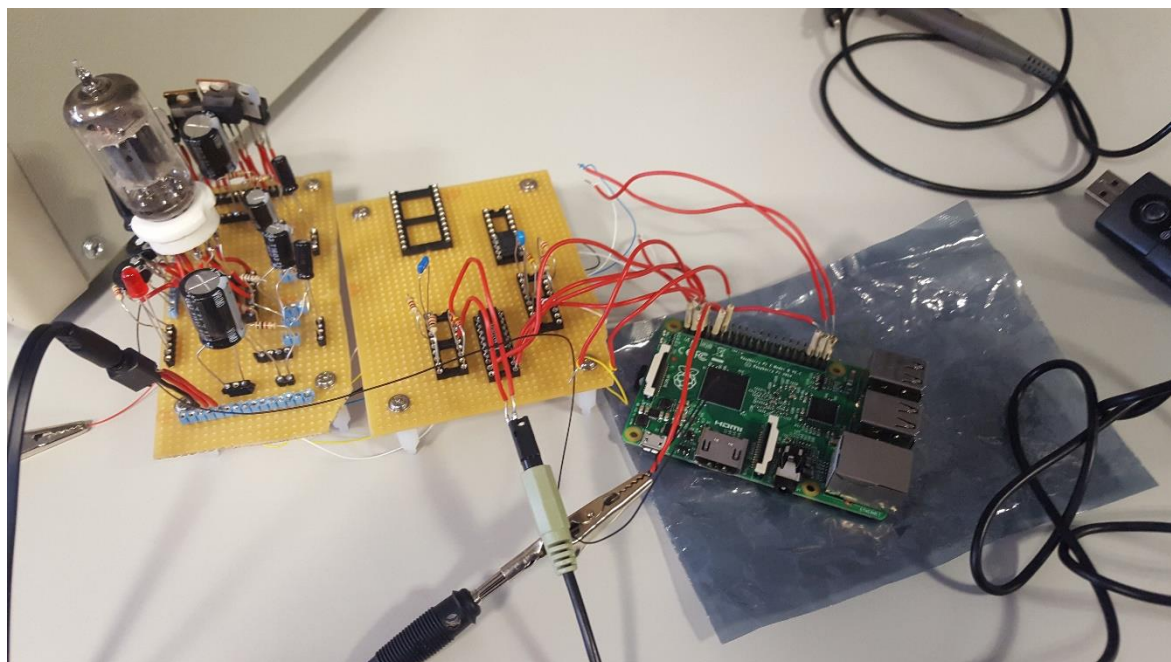


Figura D-15: Circuito completo